

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Yasushi SUGAYA

Group Art Unit:

Serial No.:

Examiner:

Filed: October 4, 2000

For: OPTICAL AMPLIFYING APPARATUS, OPTICAL ADD/DROP
MULTIPLEXER, AND OPTICAL AMPLIFYING METHOD

JC882 U.S. PRO
09/678734
10/04/00



**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR
FOREIGN APPLICATION IN ACCORDANCE WITH
THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Assistant Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application(s):

Japanese Patent Application No. Hei 11-283039

Filed: October 4, 1999

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date, as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,
STAAS & HALSEY LLP

Date: October 4, 2000

By: _____


H. J. Staas
Registration No. 22,010

700 Eleventh Street, N.W.
Suite 500
Washington, D.C. 20001
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日

Date of Application: 1999年10月 4日

出願番号

Application Number: 平成11年特許願第283039号

出願人

Applicant(s): 富士通株式会社

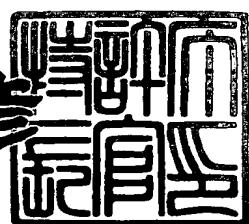
JC682 U.S. PRO
09/678734
10/04/00



2000年 6月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3042140

【書類名】 特許願
【整理番号】 9901649
【提出日】 平成11年10月 4日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01S 3/13
H04B 10/17
H04J 14/00
【発明の名称】 光分岐・挿入装置およびその制御方法
【請求項の数】 12
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通
株式会社内
【氏名】 菅谷 靖
【特許出願人】
【識別番号】 000005223
【氏名又は名称】 富士通株式会社
【代理人】
【識別番号】 100072718
【弁理士】
【氏名又は名称】 古谷 史旺
【電話番号】 3343-2901
【選任した代理人】
【識別番号】 100075591
【弁理士】
【氏名又は名称】 鈴木 榮祐
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 013354
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704947

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光分岐・挿入装置およびその制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長分割多重方式光信号の光分岐・挿入装置において、前記波長分割多重方式光信号を増幅する光増幅手段と、前記波長分割多重方式光信号のチャネル数の減少分に応じて前記光増幅手段に入力する光パワーを一定にするためのプローブ光を前記光増幅手段に入力する入力光制御装置を有することを特徴とする光分岐・挿入装置。

【請求項2】 波長分割多重方式光信号の光分岐・挿入装置において、前記波長分割多重方式光信号を増幅する光増幅手段と、前記光増幅手段に入力するプローブ光を発生する光源と、前記プローブ光を前記光増幅手段に入力するための合波手段と、前記光増幅手段に入力された光の光パワーを検出する検出手段と、前記検出手段からの出力がほぼ一定になるように前記プローブ光の光パワーを制御する制御手段とを備えることを特徴とする光分岐・挿入装置。

【請求項3】 前記光源は、互いに波長の異なるレーザ光を波長多重したプローブ光を発生することを特徴とする請求項2に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項4】 前記光増幅手段で増幅された前記プローブ光が光伝送路へ伝送されることを遮断する遮断手段をさらに備えることを特徴とする請求項2に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項5】 前記光源は、半導体レーザであり、前記制御手段は、前記半導体レーザの駆動電流を調整することにより、前記検出手段からの出力がほぼ一定になるように前記プローブ光の光パワーを制御する手段であること。

を特徴とする請求項2に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項6】 前記制御手段は、前記光源から出力される前記プローブ光の

光パワーを減衰または増幅する手段により調整すること
を特徴とする請求項2に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項7】 前記波長分割多重方式光信号の最大運用多重数を記憶する記憶手段をさらに備え、

前記制御手段は、前記波長多重方式光信号が前記最大運用多重数である場合における前記検出手段からの出力以上である基準値と前記検出手段からの出力との差に基づいて、前記プローブ光の光パワーを制御する手段であること
を特徴とする請求項2に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項8】 前記検出手段の前段に前記光増幅手段の増幅波長帯域の中心波長に透過率の最大値が設定され前記プローブ光の波長と前記中心波長との差に応じて前記透過率が小さくなる重み付けフィルタを備えたこと
を特徴とする請求項2に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項9】 前記波長分割多重方式光信号より特定の波長の光信号を分岐する分岐手段と、

前記分岐手段により特定の波長の光信号を分岐された前記波長分割多重方式光信号に特定の波長の光信号を挿入する挿入手段とを設け、

前記光増幅手段を前記分岐手段の前段および前記分岐手段と前記挿入手段との間および前記挿入手段の後段に少なくとも一つ設けたこと
を特徴とする請求項2に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項10】 前記分岐手段で分岐した光信号を受信・処理する分岐光信号受信手段と、

前記挿入手段で挿入すべき光信号を生成する挿入光信号送信手段とを備えたこと

を特徴とする請求項9に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項11】 前記分岐手段と前記挿入手段との間には前記挿入手段に入力される光の光パワーを調整するための光パワー調整手段を設けたこと
を特徴とする請求項9に記載の光分岐・挿入装置。

【請求項12】 波長分割多重方式光信号を増幅する光分岐・挿入装置の光制御方法であって、

前記波長分割多重方式光信号のチャネル数の増減に応じて前記波長分割多重方式光信号を増幅する光増幅手段に入力されるプローブ光の光パワーを制御し、前記光増幅手段に入力される光パワーをほぼ一定に制御すること
を特徴とする光分岐・挿入手段の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重方式光信号を分岐・挿入・透過する光分岐・挿入装置において、波長分割多重方式光信号のチャネル数の変化に拘わらず装置内の光増幅器に一定の入力光パワーを入力する光分岐・挿入装置およびその制御方法に関する。

将来のマルチメディアネットワークの構築を目指し、超長距離でかつ大容量の光伝送システムが要求されている。この大容量化を実現する方式として、波長分割多重 (wavelength-division multiplexing、以下、「WDM」と略記する。) 方式が、光ファイバの広帯域・大容量性を有効利用できるなどの有利な点から研究開発が進められている。

特に、近年では、2端局間でWDM方式光信号を送受信する光伝送システムだけでなく、光伝送路の途中で設けられたノードと呼ばれる中継局で、波長多重された光信号のうちのある特定な波長の光信号だけを選択的に透過させ、それを除く波長の光信号をそのノードで分岐したり、このノードから別の光信号を挿入して他のノードへ送信したりするADM (add-drop multiplexer) 機能を持つ光伝送システムの実現が要求されている。このため、光伝送システムのキーデバイスである、ADM機能を持つ光分岐・挿入装置（以下、「OADM」と略記する。）の研究が盛んである。

【0002】

【従来の技術】

近年、光伝送システムにおいては、光信号を電気信号に変換することなく、光信号を光信号のまま増幅することができることから、光増幅器が使用される。

この光増幅器は、レーザ媒質にエネルギーを供給することによってレーザ媒質

内の電子が励起され反転分布を形成する。この反転分布を形成した状態で入力光が入力するとこの入力光に誘導されて誘導放出が起こり、入力光が増幅される。

【0003】

例えば、光ファイバ増幅器では、希土類元素を添加した光ファイバに励起光を供給することによって希土類元素の電子を励起して反転分布を形成し、入力光を増幅する。また、半導体光増幅器では、p-n接合などの半導体活性層に注入電流（駆動電流）を供給することによって電子を励起して反転分布を形成し、入力光を増幅する。

【0004】

図9は、反転分布を形成する励起エネルギーを一定にした場合の入力光の光パワーに対する利得の変化を示す図である。

図9の横軸は、光増幅器の入力光の光パワーであり、縦軸は、光増幅器の利得である。図9には、励起エネルギーが大きい場合とそれに較べて小さい場合について示す。

【0005】

図9に示すように、励起エネルギーを一定にした場合では、入力光の光パワーを増加していくと、ある範囲内の光パワーまでは一定の利得が得られるが、その範囲を越えて入力光の光パワーが増加すると徐々に利得が減少する。これは、次の理由による。

上準位の電子数は、励起エネルギーが一定であるため、一定である。このため、入力光の光パワーが小さい場合は、誘導放出する際に消費される上準位の電子は、充分に存在するので、一定の利得が得られる。しかし、入力光の光パワーが大きい場合には、この電子が不充分となるため、利得が低下するのである。

【0006】

このような現象は、例えば、「光増幅器とその応用」（石尾秀樹監修、オーム社）の12頁や「光ファイバ通信技術」（小西良弘監修、日刊工業新聞）209頁などに記載されている。

また、光増幅器では、入力光の波長によって利得波長特性が変化することが知られている。

【0007】

さらに、光増幅器では、大きな光パワーを持つ入力光を入力すると、その入力光の波長における利得がその入力光がなかった場合に較べて小さくなるというスペクトラルホールバーニング (spectral-hole burning) が生じる。

したがって、光増幅器を使用する場合に、所定の利得を得るために、入力光の光パワーなどを考慮して光増幅器の動作点を決める必要がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、OADMを持つ光通信システムでは、WDM方式光信号にOADMでチャネル（以下、「ch.」と略記する。）が分岐・挿入されるためWDM方式光信号の光パワーが変動する。

このため、OADM内のWDM方式光信号を増幅する光増幅器は、入力光が変動するという問題がある。

【0009】

特に、光伝送路からOADMに入力されたWDM方式光信号を増幅する光増幅器では、このOADMの前段にあるOADMでch.数が増減するため、入力光の光パワーが変動するという問題がある。

このOADMを透過するch.からなるWDM方式光信号を増幅する光増幅器では、OADM内の分岐器で任意のch.数のch.が分岐されるため、入力光の光パワーが変動するという問題がある。

【0010】

さらに、このOADMから出力されるWDM方式光信号を増幅する光増幅器では、OADM内の挿入器で任意のch.数のch.がOADMを透過するch.に挿入されるため、入力光の光パワーが変動するという問題がある。

そこで、請求項1ないし請求項11に記載の発明では、光増幅器に入力する入力光の光パワーをWDM方式光信号のch.数の増減に拘わらずほぼ一定にすることができ所定の利得が得られる光増幅器を備えた光分岐・挿入装置を提供することを目的とする。

【0011】

さらに、請求項12に記載の発明では、光増幅器に入力する入力光の光パワーをWDM方式光信号のc.h.数の増減に拘わらずほぼ一定にすることができる光分岐・挿入装置の制御方法を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

以下、図面を用いて、課題を解決するための手段について説明する。

【0013】

図1は、本発明の原理構成を示す図である。

なお、破線で示す遮断手段25は、請求項4に記載の発明に対する構成である。破線で示す調整手段26は、請求項6に記載の発明に対する構成である。破線で示す重み付けフィルタ28は、請求項8に記載の発明に対する構成である。破線で示す分岐光信号受信手段16および挿入光信号送信手段17は、請求項10に記載の発明に対する構成である。そして、破線で示す光パワー調整手段29は、請求項11に記載の発明に対する構成である。

【0014】

(請求項1ないし請求項3、および、請求項12)

図1において、請求項1に記載の発明では、WDM方式光信号のOADMにおいて、WDM方式光信号を増幅する光増幅手段11と、WDM方式光信号のチャネル数の減少分に応じて光増幅手段11に入力する光パワーを一定にするためのプローブ光を光増幅手段11に入力する入力光制御装置10を有することで構成される。

【0015】

図1において、請求項2に記載の発明では、WDM方式光信号のOADMにおいて、WDM方式光信号を増幅する光増幅手段11と、光増幅手段11に入力するプローブ光を発生する光源21と、プローブ光を光増幅手段11に入力するための合波手段22と、光増幅手段11に入力された光の光パワーを検出する検出手段24と、検出手段24からの出力がほぼ一定になるようにプローブ光の光パワーを制御する制御手段20とを備えて構成される。

【0016】

図1において、請求項3に記載の発明では、請求項2に記載のOADMにおいて、光源21は、互いに波長の異なるレーザ光を波長多重したプローブ光を発生することで構成される。

図1において、請求項12に記載の発明では、波長分割多重方式光信号を増幅する光分岐・挿入装置の光制御方法であって、波長分割多重方式光信号のチャネル数の増減に応じて波長分割多重方式光信号を増幅する光増幅手段に入力されるプローブ光の光パワーを制御し、光増幅手段に入力される光パワーをほぼ一定に制御することで構成される。

【0017】

このような構成のOADMおよびこのような制御方法では、入力されるWDM方式光信号のch.数の減少分による入力光の光パワーの減少分をプローブ光によって補うので、光増幅手段11における反転分布の状態を所定の状態にほぼ維持することができる。このため、光増幅手段11の動作状態を所定の状態にすることができる。すなわち、光増幅手段11の利得波長特性を所定の利得波長特性にほぼ維持することができる。

【0018】

特に、請求項3に記載の発明では、所定の光パワーのプローブ光を互いに波長の異なるレーザ光を波長多重して生成するので、所定の光パワーのプローブ光を1波長のレーザ光で生成した場合に較べ、1波長当たりのレーザ光の光パワーを小さくすることができる。このため、大光パワーのレーザ光によって生じるスペクトラルホールバーニングを抑制することができる。

【0019】

(請求項4)

図1において、請求項4に記載の発明では、請求項2に記載のOADMにおいて、光増幅手段11で増幅されたプローブ光が光伝送路へ伝送されることを遮断する遮断手段25をさらに備えて構成される。

このような構成のOADMでは、遮断手段25の後に接続される光部品、特に、分散補償ファイバや次段のノードとを結ぶ光ファイバなどでプローブ光によって生じる非線形光学効果（ラマン散乱、4光波混合、相互位相変調）を防止する

ことができる。

【0020】

(請求項5)

図1において、請求項5に記載の発明では、請求項2に記載のOADMにおいて、光源21は、半導体レーザであり、制御手段20は、半導体レーザの駆動電流を調整することにより、検出手段24からの出力がほぼ一定になるようにプローブ光の光パワーを制御する手段であることで構成される。

【0021】

半導体レーザは、駆動電流を増減することによってその出力を増減することができる。このため、このような構成のOADMでは、半導体レーザの駆動電流を調整することにより、プローブ光の光パワーを調整することができる。

(請求項6)

図1において、請求項6に記載の発明では、請求項2に記載のOADMにおいて、制御手段27は、光源21から出力されるプローブ光の光パワーを減衰または増幅する手段により調整することで構成される。

【0022】

このような構成のOADMでは、光パワーを減衰または増幅する調整手段26によってプローブ光の光パワーを調整するので、光源21が環境の変化によって光源21の出力に変動が生じてもその変動を調整手段26によって吸収できる。このため、所定の光パワーのプローブ光をWDM方式光信号に合波することができる。

【0023】

特に、光源21に半導体レーザを使用する場合には、素子温度を一定にしても駆動電流の増減によって半導体レーザの発振波長が変動する。あるいは、ファブリ・ペローレーザ(Fabry-Perot laser)である場合には、モードホッピング(mode hopping)により、発振波長が大きく変動する。この結果、プローブ光の波長が変動することになるので、プローブ光は、プローブ光が波長多重されたWDM方式光信号にクロストークなどの悪影響を及ぼすことがある。請求項6に記載の発明では、プローブ光の光パワーは、調整手段26によって調整されるので、

発振波長を安定化することができる。そのため、プローブ光は、発振波長をほぼ一定に保持できるので、請求項6に記載の発明では、プローブ光が波長多重されたWDM方式光信号に与えるクロストークなどの悪影響を回避することができる。

【0024】

調整手段26は、入力光の光パワーを減衰することによって出力光の光パワーを調整する可変光減衰器や入力光の光パワーを増幅することによって出力光の光パワーを調整する光増幅器などを利用することができる。

(請求項7)

図1において、請求項7に記載の発明では、請求項2に記載のOADMにおいて、WDM方式光信号の最大運用多重数を記憶する記憶手段27をさらに備え、制御手段20は、WDM方式光信号が最大運用多重数である場合における検出手段24からの出力以上である基準値と検出手段24からの出力との差に基づいて、プローブ光の光パワーを制御する手段であることで構成される。

【0025】

光増幅手段11は、通常、WDM方式光信号のch.数が、将来、増加することを見込んで、増幅能力に余裕を持たせるのが普通である。例えば、将来ch.数が128まで増加することを見込んで、128ch.に対応した増幅能力を持つ光増幅手段11をOADMに使用するが、現状では、最大で32ch.までしか運用していない場合である。

【0026】

このような場合では、最大運用多重数である32波を多重したWDM方式光信号が光増幅手段11に入力された場合でも、プローブ光は、96ch.分の光パワーにしなければならない。このため、光源21で無駄なエネルギーを消費することになる。

そこで、上述のような構成の発明では、WDM方式光信号が最大運用多重数である場合における検出手段24からの出力以上である基準値と検出手段24からの出力との差に基づいて、プローブ光の光パワーを制御するので、プローブ光に無駄な光パワーを与えないで済む。

【0027】

例えば、最大運用多重数が32である場合に、32波を多重したWDM方式光信号を検出手段24によって検出した出力を基準値とすれば、プローブ光の光パワーは、0波分から31波分までの光パワーでよい。あるいは、最大運用多重数が32である場合に、40波を多重したWDM方式光信号を検出手段24によって検出した出力を基準値とすれば、プローブ光の光パワーは、8波分から39波分までの光パワーでよい。

【0028】

(請求項8)

図1において、請求項8に記載の発明では、請求項2に記載のOADMにおいて、検出手段24の前段に光増幅手段11の増幅波長帯域の中心波長に透過率の最大値が設定されプローブ光の波長と中心波長との差に応じて透過率が小さくなる重み付けフィルタ28を備えて構成される。

【0029】

光増幅手段11の利得飽和特性がプローブ光の波長によって異なるため、プローブ光の光パワーは、プローブ光の波長に応じて決める必要がある。

そこで、光増幅手段11の利得飽和特性を所定の利得飽和度に決めた後に、その所定の利得飽和度を満たすプローブ光の光パワーを各波長ごとに計測するなどの方法によって求める。そして、プローブ光の波長が光増幅手段11の利得波長帯域の中心波長に設定されている場合に必要なプローブ光の光パワーを基準に換算し、これに応じてプローブ光の波長がずれた場合でも、重み付けフィルタを透過したプローブ光の光パワーがほぼ同一になるように透過率の波長特性を決定する。

【0030】

検出手段24は、このような重み付けフィルタ28を介してプローブ光を検出するので、プローブ光の波長が光源21に生じた環境の変化などによって変動したとしても、プローブ光の光パワーを制御することができる。

(請求項9ないし請求項11)

図1において、請求項9に記載の発明では、請求項2に記載のOADMにおい

て、WDM方式光信号より特定の波長の光信号を分岐する分岐手段12と、分岐手段12により特定の波長の光信号を分岐されたWDM方式光信号に特定の波長の光信号を挿入する挿入手段13とを設け、光増幅手段11を分岐手段12の前段および分岐手段12と挿入手段13との間および挿入手段13の後段に少なくとも一つ設けたことで構成される。

【0031】

図1において、請求項10に記載の発明では、請求項9に記載のOADMにおいて、分岐手段12で分岐した光信号を受信・処理する分岐光信号受信手段16と、挿入手段13で挿入すべき光信号を生成する挿入光信号送信手段17とを備えて構成される。

図1において、請求項11に記載の発明では、請求項9に記載のOADMにおいて、分岐手段12と挿入手段13との間には挿入手段13に入力される光の光パワーを調整するための光パワー調整手段29を設けて構成される。

【0032】

このような構成のOADMでは、入力光制御手段10を備えられた光増幅手段11は、光増幅手段11の入力光の光パワーがほぼ一定に保持することができる。このため、光増幅手段11は、ch数の増減に拘わらず、利得や雑音指数などの変動を抑制した増幅特性にすることができる。

特に、このような光増幅手段11を分岐手段12の前段に設けた場合では、このOADMの前段にあるOADMでch.数が減少した場合でも、光増幅手段11の入力光の光パワーがほぼ一定に保持することができる。このような光増幅手段11を分岐手段12と挿入手段13との間に設けた場合では、このOADM内の分岐手段12で任意のch.数のch.が分岐した場合でも、光増幅手段11の入力光の光パワーがほぼ一定に保持することができる。このような光増幅手段11を挿入手段13の後段に設けた場合では、このOADM内の挿入手段13で任意のch.数のch.がこのOADMを透過するWDM方式光信号に挿入された場合でも、光増幅手段11の入力光の光パワーがほぼ一定に保持することができる。

【0033】

また、請求項11に記載の発明では、OADMを透過する各c.h.の光パワーとOADMで挿入される各c.h.の光パワーとを光パワー調整手段29によってほぼ同一にするので、第3光増幅器11-3に接続される入力光制御装置10-3は、WDM方式光信号におけるc.h.数の減少分だけを考慮してプローブ光の光パワーを調整することができる。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。

(第1の実施形態の構成)

第1の実施形態は、請求項1、請求項2、請求項5、請求項7ないし請求項10、および、請求項12に記載の発明に対応するOADMの実施形態である。

【0035】

第1の実施形態のOADMは、例えば、2端局間を32波のWDM方式光信号を伝送する光伝送システムに接続されている。2端局間には、複数個のノードが接続されており、あるノードは、WDM光信号を増幅する中継装置であり、また、あるノードは、WDM方式光信号からc.h.を分岐・挿入・透過するOADMである。第1の実施形態のOADMとWDM方式光信号を生成して送信する送信端局との間には、別のOADMが接続されている。

【0036】

図2は、第1の実施形態におけるOADMの構成を示す図である。

図3は、光増幅器の利得波長特性とプローブ光の波長との関係を示す図である。

図4は、第1の実施形態のOADMにおける分岐光信号受信器の1例の詳細構成を示す図である。

【0037】

図5は、第1の実施形態のOADMにおける挿入光信号送信器の1例の詳細構成を示す図である。

図6は、第1の実施形態のOADMにおける光増幅器の1例の詳細構成を示す図である。

図2において、このOADM内の半導体レーザ（laser diode、以下、「LD」と略記する。）104は、所定の波長のレーザ光を発振する。このレーザ光が、WDM方式光信号のc h. 数の増減に拘わらず後述する光増幅器102に対し入力光の光パワーを一定にするプローブ光である。

【0038】

この所定の波長は、図3に示すように光増幅器102の利得波長特性において、WDM方式光信号を増幅する利得波長帯域（b領域）に設定してもよいが、WDM方式光信号とのクロストークを避ける観点から、b領域を除いた波長に設定される。プローブ光は、光増幅器の利得波長特性がほぼ平坦なB領域であってb領域を除く波長、例えば、図3のY1に設定される。

【0039】

LD104から出力されたプローブ光は、WDMカプラ100に入力される。WDMカプラ100は、このプローブ光とこのOADMに入力されるWDM方式光信号とを波長多重する。

プローブ光を波長多重されたWDM方式光信号は、入力された光を2つに分配する光合分波器（optical coupler、以下、「PCL」と略記する。）101に入力される。PCL101としては、例えば、ハーフミラーなどの微少光学素子形光分岐結合器や溶融ファイバの光ファイバ形光分岐結合器や光導波路形光分岐結合器などを利用することができる。

【0040】

PCL101で分配された一方は、光増幅器102に入力される。光増幅器102は、将来、c h. 数が増設されることを見込んで、例えば、c h. 数が64まで所定の利得で増幅できる能力を持つ。

一方、PCL101で分配された他方は、重み付けフィルタ（以下、「WFL」と略記する。）103に入力される。

【0041】

重み付けフィルタ103の透過率の波長特性は、次のようにして決められる。まず、光増幅器102の利得飽和度を所望の値に決め、その所定の利得飽和度を満たすプローブ光の光パワーを各波長ごとに計測する。そして、プローブ光の

波長が光増幅器102の利得波長帯域（B領域）の中心波長に設定されている場合に必要なプローブ光の光パワーを基準に換算し、これに応じてプローブ光の波長がずれた場合でも、WFIL103を透過したプローブ光の光パワーがほぼ同一になるように透過率の波長特性を決定する。

【0042】

WFIL103は、例えば、誘電体多層膜フィルタやファイバグレーティングフィルタ（fiber bragg grating filter、以下、「FBG」と略記する。）を利用することができる。

WFIL103から出力されたプローブ光を含むWDM方式光信号は、受光する光の光パワーに従う電流を出力するホトダイオード（photodiode、以下、「PD」と略記する。）105に入力される。

【0043】

PD105の出力は、アナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器（以下、「A/D」と略記する。）107に入力される。

A/D107の出力は、制御回路130に入力される。

制御回路130は、A/D107の出力値と基準値とを比較し、A/D107の出力値が基準値になるようにLD104の出力を調整すべくデジタル信号を出力する。

【0044】

このデジタル信号は、デジタル信号をアナログ信号に変換するD/A変換器（以下、「D/A」と略記する。）106でアナログ信号に変換されて、LD104に入力される。

LD104は、このアナログ信号によって駆動電流が調整されてレーザ光の出力が調整される。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。このプローブ光が調整される結果、光増幅器102の入力光は、WDM方式光信号のc h. 数の増減に拘わらず、ほぼ一定に保持される。

【0045】

ここで、上述の基準値は、WDM方式光信号のc h. 数が32である場合におけるPD105からの出力以上である値、例えば、c h. 数が35である場合の

値である。この基準値は、メモリ131に記憶され、メモリ131から制御回路130に出力される。また、メモリ131には、各最大運用多重数と基準値との対応表が記憶される。例えば、この対応表は、最大運用多重数が16の場合の基準値、最大運用多重数が32の場合の基準値、最大運用多重数が48の場合の基準値、最大運用多重数が64の場合の基準値のように、最大運用多重数を16おきに各基準値を記憶しておく。なお、この対応表では、最大運用波長数の間隔を16にしたが、これに限定されるものではない。4でも、8でも、12でも任意の間隔に設定することができる。

【0046】

一方、光増幅器102で増幅されたプローブ光とWDM方式光信号は、光信号分岐器109に入力される。光信号分岐器109は、このOADMで分岐すべきch. をWDM方式光信号から分散補償器135を介して後述する分岐光信号受信器137へ分岐し、分岐しなかったch. のみを多重したWDM方式光信号をWDMカプラ110に入力する。

【0047】

光信号分岐器109は、例えば、音響光学チューナブルフィルタ (acousto-optic tunable filter、以下「AOTF」と略記する。) を利用することができる。AOTFは、音響光学効果により光導波路に誘起される屈折率変化によって、入射光を回折効果により分離・選択する音響光学フィルタである。この分離・選択したch. の一方をDC135を介して分岐光信号受信器137に分岐させ、他方をWDMカプラ110へ入力する。この音響光学効果を生じさせる超音波は、弹性表面波を利用し、弹性表面波は、圧電作用を示す基板上に形成された電極にRF周波数の電圧を印加することによって生じさせる。このため、RF周波数を制御することにより、AOTFで分離・選択されるch. を変更することができる。この分離・選択されるch. は、制御回路130からの制御信号によってRF周波数を変更することによって制御すればよい。

【0048】

分散補償器 (dispersion compensator、以下、「DC」と略記する。) 135は、前段の中継装置からこのOADMまでの光伝送路中でWDM方式光信号に生

じた波長分散、および、WDMカプラ100から光信号分岐器109までにこのOADM内で生じた波長分散を補償する。

【0049】

また、LD114は、所定の波長のレーザ光を発振する。このレーザ光が、WDM方式光信号のc h. 数の増減に拘わらず後述する光増幅器112に対し入力光の光パワーを一定にするプローブ光である。

この所定の波長は、図3に示すように例えば、Y1の波長に設定する。

LD114から出力されたプローブ光は、WDMカプラ110に入力される。

【0050】

WDMカプラ110は、このプローブ光と光信号分岐からのこのOADMを透過するc h. のみを含むWDM方式光信号とを波長多重する。

プローブ光を波長多重されたWDM方式光信号は、入力された光を2つに分配するPCL111に入力される。

PCL111で分配された一方は、光増幅器112に入力される。光増幅器112は、光増幅器102と同様に、c h. 数が64まで所定の利得で増幅できる能力を持つ。

【0051】

一方、PCL111で分配された他方は、WFIL113に入力される。WFIL113の透過率の波長特性は、WFIL103の場合と同様に光増幅器112の利得飽和度に応じて、決められる。

WFIL113から出力されたプローブ光を含むWDM方式光信号は、受光する光の光パワーに従う電流を出力するPD115に入力される。

【0052】

PD115の出力は、アナログ信号をデジタル信号に変換するA/D117に入力される。

A/D117の出力は、制御回路130に入力される。

制御回路130は、A/D117の出力値とメモリ131に記憶される基準値とを比較し、A/D117の出力値が基準値になるようにLD114の出力を調整すべくデジタル信号を出力する。

【0053】

このデジタル信号は、デジタル信号をアナログ信号に変換するD/A116でアナログ信号に変換されて、LD114に入力される。

LD114は、このアナログ信号によって駆動電流が調整されてレーザ光の出力が調整される。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。

一方、光増幅器112で増幅されたプローブ光とWDM方式光信号は、DC133に入力される。

【0054】

DC133は、前段の中継装置からこのOADMまでの光伝送路中でWDM方式光信号に生じた波長分散、および、WDMカプラ100から光増幅器112までにこのOADM内で生じた波長分散を補償する。

DC133から出力は、光増幅器134によって増幅される。この光増幅器134の入力は、光増幅器122の入力がほぼ一定に制御されるため、光増幅器112の出力およびDC133の損失もほぼ一定になる。このため、光増幅器134は、その入力もほぼ一定になるので、本発明にかかる入力光制御装置を備えないで済ませることができる。

【0055】

光増幅器134の出力は、光信号挿入器119に入力される。光信号挿入器119は、このOADMで挿入すべきch.を後述する挿入光信号送信器138から入力され、このOADMを透過するch.のみのWDM方式光信号と挿入すべきch.とを波長多重してWDMカプラ120に入力する。光信号挿入器119としては、例えば、WDMカプラである誘電体多層膜フィルタやアレイ導波路格子(arrayed waveguide grating)を利用することができます。

【0056】

光信号挿入器119からの出力は、WDMカプラ120に入力される。

また、LD124は、所定の波長のレーザ光を発振する。このレーザ光が、WDM方式光信号のch.数の増減に拘わらず後述する光増幅器122に対し入力光の光パワーを一定にするプローブ光である。

この所定の波長は、図3に示すように例えば、Y1の波長に設定する。

【0057】

LD124から出力されたプローブ光は、WDMカプラ120に入力される。WDMカプラ120は、このプローブ光と光信号挿入器119からのこのOA DMを透過するc h. のみを含むWDM方式光信号とを波長多重する。プローブ光を波長多重されたWDM方式光信号は、入力された光を2つに分配するPCL121に入力される。

【0058】

PCL121で分配された一方は、光増幅器122に入力される。光増幅器122は、光増幅器102と同様に、c h. 数が64まで所定の利得で増幅できる能力を持つ。

一方、PCL121で分配された他方は、WFIL123に入力される。WFIL123の透過率の波長特性は、WFIL103の場合と同様に光増幅器122の利得飽和度に応じて、決められる。

【0059】

WFIL123から出力されたプローブ光を含むWDM方式光信号は、受光する光の光パワーに従う電流を出力するPD125に入力される。

PD125の出力は、アナログ信号をデジタル信号に変換するA/D127に入力される。

A/D127の出力は、制御回路130に入力される。

【0060】

制御回路130は、A/D127の出力値とメモリ131に記憶される基準値とを比較し、A/D127の出力値が基準値になるようにLD124の出力を調整すべくデジタル信号を出力する。

このデジタル信号は、デジタル信号をアナログ信号に変換するD/A126でアナログ信号に変換されて、LD124に入力される。

【0061】

LD124は、このアナログ信号によって駆動電流が調整されてレーザ光の出力が調整される。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。

PCL121から出力は、光増幅器122によって増幅される。光増幅器12

2の出力は、光伝送路に入力され、このOADMから出力されたWDM方式光信号は、次段のノードに伝送される。

【0062】

また、分岐光信号受信器137は、光信号分岐器で分岐したch. を受信・処理する。この受信・処理は、分岐したch. を復調して情報を取り出したり、このOADMが他のネットワークに接続している場合には、分岐したch. をそのネットワークに送出する。

ここで、分岐光信号受信器137の1例を図4に基づいて説明する。

【0063】

図4において、DC135からのWDM方式光信号は、このWDM方式光信号を増幅する光増幅器210に入力される。光増幅器210からの出力は、入力光を4つに分配するPCL211に入力される。4つに分配された各WDM方式光信号は、それぞれ受信部212-1～212-4に入力される。

各受信部212-1～212-4は、FBG223の透過波長帯域の中心波長が異なるだけで、それらの構成は互いに同一なので、受信部212-1について説明し、他の説明を省略する。

【0064】

PCL211で分配された1つは、入力光を8つに分配するPCL222-1に入力される。PCL222-1で8つに分配された各WDM方式光信号は、それぞれFBG223-1～223-8に入力される。

各FBG223-1～223-8からの出力は、それぞれ光増幅器224-1～224-8に入力され、増幅される。各光増幅器224-1～224-8からの出力は、それぞれ受信した光信号を復調して情報を取り出す受信器(optical receiver、以下、「OR」と略記する。)225-1～225-8に入力され、受信処理される。

【0065】

ここで、FBG223-1～223-8は、所定の波長の光を透過する帯域通過光フィルタであり、各FBG223-1～223-8の透過波長帯域の中心波長は、それぞれWDM方式光信号のch. 1ないしch. 8に設定される。例えば、FBG223-1は、WDM方式光信号におけるch. 1の波長に透過波長帯域の中心

波長が設定され、FBG223-2は、WDM方式光信号におけるch. 2の波長に透過波長帯域の中心波長が設定される。このため、各OR225-1～225-8は、それぞれWDM方式光信号のch. 1ないしch. 8を受信処理する。

【0066】

同様な構成でFBG223の透過波長帯域の中心波長を変えることにより、受信部212-2は、ch. 9ないしch. 16を受信処理し、受信部212-3は、ch. 17ないしch. 24を受信処理し、そして、受信部212-4は、ch. 25ないしch. 32を受信処理する。

なお、WDM方式光信号のch. 数が増加した場合には、受信部212を増加し、それに対応してPCL211の分配数を変更すればよい。

【0067】

このような構成の分岐光信号受信器137において、このOADMで分岐されるch. に相当するOR225を動作状態にすることにより、所望のch. を受信処理することができる。

一方、挿入光信号送信器138は、このOADMで挿入すべきch. の光信号を生成する。ここで、生成されるch. は、光信号分岐器137で分岐したch. と同じch. である必要はあるが、分岐したch. 数と同数である必要はなく、同数以下でよい。例えば、光信号分岐器で分岐したch. が、ch. 2、ch. 3およびch. 5である場合には、挿入されるch. は、ch. 2だけでもよいし、ch. 2、ch. 3およびch. 5を挿入してもよい。

【0068】

ここで、挿入光信号送信器138の1例を図5に基づいて説明する。

図5において、送信部214-1内のLD231-1は、ch. 1に相当する波長のレーザ光を発振する。このレーザ光は、光増幅器232-1に入力され増幅されて、FBG233-1に入力する。FBG233-1の透過波長帯域の中心波長は、WDM方式光信号のch. の波長に設定される。このように設定されるため、FBG233-1から出力されるレーザ光は、正確にch. 1の波長にすることができる。

【0069】

F B G 2 3 3 -1からの出力は、送出すべき情報でレーザ光を変調する変調器（optical modulator、以下、「MOD」と略記する。）2 3 4 -1に入力され、変調される。MOD 2 3 4 -1からの出力は、光増幅器2 3 5 -1に入力され、増幅される。MOD 2 3 4 -1として、例えば、マッハツエンダ型光変調器や半導体電界吸収型光変調器などの外部変調型の変調器を利用することができる。

【0070】

送信部2 1 4 -1は、このようなL D 2 3 1 -1、光増幅器2 3 2 -1、F B G 2 3 3 -1、MOD 2 3 4 -1および光増幅器2 3 5 -1からなる構成が、全部で8組用意される。各光増幅器2 3 5 -1～2 3 5 -8からの出力は、送信部2 1 4 -1内のWDMカプラ2 3 6 -1に入力され、波長多重される。ここで、各組において、各L D 2 3 1 -1～2 3 1 -8の発振波長は、それぞれWDM方式光信号のc h. 1ないし c h. 8に対応する波長を発振し、そして、各F B G 2 3 3 -1～2 3 3 -8の透過波長帯域の中心波長は、それぞれWDM方式光信号のc h. 1ないし c h. 8に対応する波長に設定される。このため、送信部2 1 4 -1は、c h. 1ないし c h. 8を生成することができる。

【0071】

L D 2 3 1 の発振波長とF B G 2 3 3 の透過波長帯域の中心波長とを変えた送信部2 1 4 -1と同様な構成の送信部が、送信部2 1 4 -1の他に3個用意され、送信部2 1 4 -2は、c h. 9ないし c h. 1 6を生成し、送信部2 1 4 -3は、c h. 1 7ないし c h. 2 4を生成し、そして、送信部2 1 4 -4は、c h. 2 5ないし c h. 3 2を送信する。

【0072】

各送信部2 1 4 -1～2 1 4 -4からの出力は、入力光を波長多重するWDMカプラ2 1 5に入力され、WDMカプラ2 1 5からの出力は、D C 1 3 6に入力される。

このような構成の挿入光信号送信器1 3 8において、このOADMで挿入されるc h. に相当するMOD 2 3 4 を動作状態にすることにより、所望のc h. を生成することができる。

【0073】

さらに、光増幅器102、112、122の1例を図6に基づいて説明する。図6(a)において、入力光は、PCL254に入力され、2つに分配される。PCL254で分配された一方は、受光した光の光パワーに従う電流を発生するPD255に入力され、PD255の出力は、A/D256に入力され、デジタル信号に変換される。A/D256の出力は、後述する利得・出力制御回路261に入力される。

【0074】

一方、PCL254で分配された他方は、PCL252に入力される。

PCL252は、LD251で発生したレーザ光とPCL254からの出力を合波する。合波された光は、希土類元素であるエルビウム元素(erbium)を添加した光ファイバ(erbium doped fiber、以下、「EDF」と略記する。)253に入力される。エルビウム元素は、ランタノイドの希土類元素の1つで、元素記号Er、原子番号68である。ランタノイドに属する元素は、互いに性質が類似している。

【0075】

EDF253は、LD251からの励起光によってエルビウム元素の電子が励起されてEDF内で反転分布が形成され、この状態で入力光が入力されると誘導放出を引き起こし、入力光を増幅する。

EDF253からの出力は、PCL258に入力され、2つに分配される。PCL258で分配された一方は、増幅された出力光として出力される。PCL258で分配された他方は、受光した光の光パワーに従う電流を発生するPD259に入力され、PD259の出力は、A/D260に入力され、デジタル信号に変換される。A/D260の出力は、利得・出力制御回路261に入力される。

【0076】

利得・出力制御回路261は、A/D256、260の出力を受信し、この出力値を比較することにより、利得一定制御または出力一定制御を行う。そして、利得・出力制御回路261は、所定の利得または所定の出力になるようにすべくD/A257を介して信号をLD251に出力し、LD251のレーザ光の発振

波長および光パワーを調整する。LD251のレーザ光の発振波長および光パワーの調整は、LD251の素子温度および駆動電流を調整することによって行われる。

【0077】

なお、図6(a)に示す光ファイバ増幅器の1段構成では、充分な増幅度が得られない場合には、図6(b)に示すように図6(a)に示す構成を充分な増幅度が得られるまで複数個を継続接続する。図6(b)は、2個を継続接続した場合である。

ここで、図6(b)に示すように光ファイバ増幅器を複数個継続接続する場合では、1段目の光ファイバ増幅器の入力に本発明にかかる入力光制御装置が接続されている場合には、2段目以降の光ファイバ増幅器における入力光の光パワーは、ほぼ一定となるので、2段目以降の光ファイバ増幅器に本発明にかかる入力光制御装置が不要となる効果がある。

【0078】

(本発明と第1の実施形態との対応関係)

次に、本発明と第1の実施形態におけるOADMとの対応関係について説明する。

請求項1に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、光増幅手段は光増幅器102、112、122に対応し、入力光制御装置はLD104、114、124、WDMカプラ100、110、120、PCL101、111、121、FIL103、113、123、PD105、115、125、D/A106、116、126、A/D107、117、127、制御回路130およびメモリ131に対応する。

【0079】

請求項2に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、光増幅手段は光増幅器102、112、122に対応し、光源はLD104、114、124に対応し、合波手段はWDMカプラ100、110、120に対応し、検出手段はPD105、115、125およびA/D107、117、127に対応し、制御手段は、制御回路130、メモリ131およびD/A106、116、126に対応する。

26に対応する。

【0080】

請求項5に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、光源はLD104、114、124に対応し、制御手段は、制御回路130、メモリ131およびD/A106、116、126に対応する。

請求項7に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、記憶手段はメモリ131に対応し、制御手段は制御回路130およびD/A106、116、126に対応する。

【0081】

請求項8に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、重み付けフィルタは、WFL103、113、123に対応する。

請求項9に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、分岐手段は光信号分岐器109に対応し、挿入手段は光信号挿入器119に対応し、光増幅手段は光増幅器102、112、122に対応する。

【0082】

請求項10に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、分岐光信号受信手段は分岐光信号受信器137に対応し、挿入光信号送信手段は挿入光信号送信器138に対応する。

(第1の実施形態の作用効果)

次に、第1の実施形態におけるOADMの作用効果について説明する。

【0083】

今、このOADMが接続されている光伝送システムでは、最大運用多重数が32波であるWDM方式光信号を伝送するものとする。この場合には、このOADMをこの光伝送システムに接続するときに、初期設定として、メモリ131に記憶されている各最大運用多重数と基準値との対応表から、最大波長多重数が32である場合の基準値が選択される。なお、この基準値は、35波のWDM方式光信号がPD105、115、125で受光された場合のPD105、115、125の出力とする。

【0084】

このような状況の下に、前段のOADMから32波のWDM方式光信号が、このOADMに入力されると、PD105の出力は、基準値より3波分だけ小さいので、制御回路130は、この3波分を補う信号をD/A106を介してLD104へ出力する。LD104は、この信号に基づき駆動電流を増加させて3波分のプローブ光をWDMカプラ100へ出力する。

【0085】

WDMカプラ100は、前段のOADMからの32波のWDM方式光信号と3波分のプローブ光を波長多重し、PCL101を介して光増幅器102に入力する。

仮に、メモリ131に最大運用多重数に基づく基準値が与えられていないとすると、光増幅器102は、64波のWDM方式光信号を増幅する能力があるので、プローブ光の光パワーは、32波分の光パワーになる。しかしながら、第1の実施形態におけるOADMは、このように最大運用多重数に基づく基準値によってプローブ光の光パワーを調整するので、LD104で無駄なエネルギーを消費しないで済ませることができる。

【0086】

さらに、駆動電流の変化によりLD104の発信波長がズレたとしても、WFIL103によってそのズレは、補償されるので、制御回路130は、PD105からの出力によって、プローブ光の最適な光パワーを判断することができる。

光増幅器102で増幅された32波のWDM方式光信号は、光信号分岐器109に入力される。光信号分岐器109では、例えば、5ch. 分の光信号がこのOADMでDC135を介して分岐光信号受信器137へ分岐される。このため、光信号分岐器109の出力は、27波のWDM方式光信号となる。

【0087】

この27波のWDM方式光信号は、WDMカプラ110、PCL111およびWFIL113を介してPD115に入力される。

PD115の出力は、基準値より8波分だけ小さいので、制御回路130は、この8波分を補う信号をD/A116を介してLD114へ出力する。LD114は、この信号に基づき駆動電流を増加させて8波分のプローブ光をWDMカプ

ラ110へ出力する。

【0088】

WDMカプラ110は、光信号分岐器109からの27波のWDM方式光信号と8波分のプローブ光を波長多重し、PCL111を介して光増幅器112に入力する。このため、光増幅器112は、光信号分岐器109において分岐されるc h. 数に拘わらず、35波分の光パワーが入力される。そのため、光増幅器112は、安定に動作することができる。

【0089】

なお、LD104によるプローブ光が光信号分岐器109、WDMカプラ110などによって充分に減衰されない場合では、LD104によるプローブ光もPD115に受光されるが、制御回路130は、PD115の出力と基準値との差に応じてLD114の出力を調整するので、この残存するプローブ光の光パワーも考慮してLD114の出力が調整されることになる。この場合の残存するプローブ光は、光増幅器112に対するプローブ光として再利用されることになる。

【0090】

光増幅器112で増幅された27波のWDM方式光信号は、DC133を介して光増幅器134に入力される。このとき、光増幅器112に入力されるc h. 数に拘わらず光増幅器112の出力は、増幅された35波分の出力であるから、DC133を介して光増幅器134に入力される光パワーは、ほぼ一定に保持される。このため、光増幅器134には、本発明にかかる入力光制御装置を不要にすることができる。

【0091】

光増幅器134で増幅された27波のWDM方式光信号は、光信号挿入器119に入力される。

ここで、挿入光信号送信器138からDC136を介して2c h. 分の光信号が挿入されると、29波のWDM方式光信号となって、光信号挿入器119から出力される。

【0092】

この29波のWDM方式光信号は、WDMカプラ120、PCL121および

WFILE123を介してPD125に入力される。

PD125の出力は、基準値より6波分だけ小さいので、制御回路130は、この6波分を補う信号をD/A126を介してLD124へ出力する。LD124は、この信号に基づき駆動電流を増加させて6波分のプローブ光をWDMカプラ120へ出力する。

【0093】

WDMカプラ120は、光信号挿入器119からの29波のWDM方式光信号と6波分のプローブ光を波長多重し、35波分の光パワーをPCL121を介して光増幅器122に入力する。

あるいは、挿入光信号送信器138からDC136を介して4ch.分の光信号が挿入されると、31波のWDM方式光信号となって、光信号挿入器119から出力される。

【0094】

この31波のWDM方式光信号は、WDMカプラ120、PCL121およびWFILE123を介してPD125に入力される。

PD125の出力は、基準値より4波分だけ小さいので、制御回路130は、この4波分を補う信号をD/A126を介してLD124へ出力する。LD124は、この信号に基づき駆動電流を増加させて4波分のプローブ光をWDMカプラ120へ出力する。

【0095】

WDMカプラ120は、光信号挿入器119からの31波のWDM方式光信号と4波分のプローブ光を波長多重し、35波分の光パワーをPCL121を介して光増幅器122に入力する。

このように、光増幅器122は、光信号挿入器119において挿入されるch.数に拘わらず、35波分の光パワーが入力される。そのため、光増幅器122は、安定に動作することができる。

【0096】

一方、前段のOADMにおいて、ch.が分岐・挿入され、25波のWDM方式光信号がこのOADMに入力されると、PD105の出力は、基準値より10

波分だけ小さいので、制御回路130は、この10波分を補う信号をD/A106を介してLD104へ出力する。LD104は、この信号に基づき駆動電流を増加させて10波分のプローブ光をWDMカプラ100へ出力する。

【0097】

WDMカプラ100は、前段のOADMからの25波のWDM方式光信号と10波分のプローブ光を波長多重し、PCL101を介して光増幅器102に入力する。

このため、光増幅器102は、前段のOADMにおいて分岐・挿入されるc数に拘わらず、35波分の光パワーが入力される。そのため、光増幅器102は、安定に動作することができる。

【0098】

また、通信容量の増大によりこの光通信システムに64波のWDM方式光信号を伝送する場合には、メモリ131に記憶されている各最大運用多重数と基準値との対応表から、最大波長多重数が64である場合の基準値を選択すればよい。この選択は、ユーザーが手動により選択するようにしてもよいが、端局からWDM方式光信号の1c.h.分を制御回線に割り当て、この制御回線を利用して選択するようにしてもよい。あるいは、SDH (synchronous digital hierarchy)において、伝送装置間で保守情報、状態モニタなどの光伝送システム運用上の情報を収容するセクションオーバヘッド (section over head) の未定義領域などを使用してもよい。

【0099】

次に、別の実施形態について説明する。

(第2の実施形態の構成)

第2の実施形態は、請求項1、請求項2、および、請求項5ないし請求項12に記載の発明に対応するOADMの実施形態である。

第2の実施形態は、第1の実施形態に対して、プローブ光の光パワーを調整するため、LD104とWDMカプラ100との間に可変光減衰器 (optical variable attenuator、以下、「VAT」と略記する。) を備える点、および、光増幅器112とDC133との間に、透過されるWDM方式光信号における各c

h. の光パワーと挿入される光信号の光パワーとを調整するための機構を備える点が主に相違する。

【0100】

第2の実施形態のOADMも、第1の実施形態と同様の光伝送システムに接続され、第2の実施形態のOADMとWDM方式光信号を生成して送信する送信端局との間には、別のOADMが接続されている。

図7は、第2の実施形態におけるOADMの構成を示す図である。

なお、第1の実施形態と同様の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0101】

図7において、LD104からのレーザ光は、入力光の光パワーを減衰して出力するVAT143に入力される。

このレーザ光の波長は、プローブ光を光増幅器102によって増幅しないようする観点から、図3に示すように光増幅器102の利得波長特性における利得が低下する部分（図3のA領域およびCの領域）に設定するのが望ましい。第2の実施形態のLD104においては、Aの領域内のXに設定する。このような利得が低下する部分の波長にプローブ光を設定することによって、光増幅器102で充分に増幅されることがない。このため、光増幅器102に後続する光部品によってプローブ光の光パワーが減衰し、ついには、WDM方式光信号における各c.h. の光パワーに対して無視できる光パワーにすることができる。LD112、122の発信波長も同様に設定される。

【0102】

VAT143としては、例えば、入射光と射出光との間に減衰円板を挿入し、減衰円板の表面には回転方向に厚みが連続的に変えてある金属減衰膜を蒸着して、この減衰円板を回転させることにより減衰量を調節する光可変減衰器や入射光と射出光との間に磁気光学結晶およびこの磁気光学結晶の射出側に偏光子を挿入し、磁気光学結晶に磁界を印加してこの磁界の強さを変えることにより減衰量を調整する光可変減衰器などを利用することができる。

【0103】

VAT143からの出力は、WDMカプラ100に入力される。WDMカプラ100は、このVAT143からのプローブ光とこのOADMに入力されるWDM方式光信号とを波長多重する。

WDMカプラ100からの出力は、PCL101に入力され、2つに分配される。PCL101で分配された一方は、光増幅器102に入力される。分配された他方は、WFIL103を介してPD105に入力され、PD105の出力は、A/D107を介して制御回路140に入力される。

【0104】

制御回路140は、A/D107の出力値と基準値とを比較し、A/D107の出力値が基準値になるようにVAT143の減衰量を調整すべくデジタル信号を出力する。

このデジタル信号は、D/A106を介してVAT143に入力される。

D/A106からのアナログ信号によってVAT143の減衰量が調整され、VAT143は、LD104からのレーザ光の光パワーを調整して出力する。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。このプローブ光が調整される結果、光増幅器102の入力光は、WDM方式光信号のc h. 数の増減に拘わらず、ほぼ一定に保持される。

【0105】

一方、光増幅器102で増幅されたプローブ光とWDM方式光信号は、光信号分岐器109に入力される。光信号分岐器109で分岐したこのOADMで分岐すべきc h. は、DC135を介して分岐光信号受信器137へ分岐される。分岐しなかったc h. のみを多重したWDM方式光信号は、WDMカプラ110に入力される。

【0106】

また、LD114からのレーザ光は、VAT145に入力され、その出力は、WDMカプラ110に入力される。WDMカプラ110は、このVAT145からのプローブ光とこのOADMに入力されるWDM方式光信号とを波長多重する。

WDMカプラ110からの出力は、PCL111に入力され、2つに分配され

る。PCL111で分配された一方は、光増幅器112に入力される。分配された他方は、WFIL113を介してPD115に入力され、PD115の出力は、A/D117を介して制御回路140に入力される。

【0107】

制御回路140は、A/D117の出力値と基準値とを比較し、A/D117の出力値が基準値になるようにVAT145の減衰量を調整すべくデジタル信号を出力する。

このデジタル信号は、D/A116を介してVAT145に入力される。

D/A116からのアナログ信号によってVAT145の減衰量が調整され、VAT145は、LD114からのレーザ光の光パワーを調整して出力する。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。

【0108】

一方、光増幅器112で増幅されたプローブ光とWDM方式光信号は、VAT151に入力される。VAT151からの出力は、入力光を2つに分配するPCL152に入力される。PCL152で分配された一方は、DC133を介して光信号挿入器119に入力される。また、分配された他方は、受光する光の光パワーに従う電流を出力するPD153に入力される。

【0109】

PD153の出力は、アナログ信号をデジタル信号に変換するA/D154に入力される。A/D154の出力は、制御回路140に入力される。

制御回路140は、A/D154の出力値とメモリ141に記憶される透過光信号基準値とを比較し、A/D154の出力値が透過光信号基準値になるようにVAT151の出力を調整すべくデジタル信号を出力する。メモリ141は、この透過光信号基準値およびVAT143、145、147の減衰量を調整する際に使用される基準値とを記憶する。

【0110】

このデジタル信号は、デジタル信号をアナログ信号に変換するD/A155でアナログ信号に変換されて、VAT151に入力される。

このアナログ信号によってVAT151の減衰量が調整され、VAT151は

、このOADMを透過するch. のみを含むWDM方式光信号における各ch. の光パワーを調整する。

【0111】

ここで、上述の透過光信号基準値は、挿入光信号送信器138で生成される光信号の光信号挿入器の入力側における光パワーとこのOADMを透過するch. のみを含むWDM方式光信号の光信号挿入器の入力側における各ch. の光パワーとが同一になるように決定される。

光信号挿入器119は、DC136を介して入力される挿入光信号送信器138からの光信号と、DC133からのこのOADMを透過するch. のみのWDM方式光信号とを波長多重してWDMカプラ120に入力する。

【0112】

光信号挿入器119からの出力は、WDMカプラ120に入力される。

また、LD124からのレーザ光は、VAT147に入力され、その出力は、WDMカプラ120に入力される。WDMカプラ120は、このVAT147からのプローブ光と光信号挿入器からのWDM方式光信号とを波長多重する。

WDMカプラ120からの出力は、PCL121に入力され、2つに分配される。PCL121で分配された一方は、光増幅器122に入力される。分配された他方は、WFL123を介してPD125に入力され、PD125の出力は、A/D127を介して制御回路140に入力される。

【0113】

制御回路140は、A/D127の出力値と基準値とを比較し、A/D127の出力値が基準値になるようにVAT147の減衰量を調整すべくデジタル信号を出力する。

このデジタル信号は、D/A126を介してVAT147に入力される。

D/A126からのアナログ信号によってVAT147の減衰量が調整され、VAT147は、LD124からのレーザ光の光パワーを調整して出力する。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。

【0114】

PCL121から出力は、光増幅器122によって増幅される。光増幅器12

2の出力は、光伝送路に入力され、このOADMから出力されたWDM方式光信号は、次段のノードに伝送される。

【0115】

(本発明と第2の実施形態との対応関係)

次に、本発明と第2の実施形態におけるOADMとの対応関係について説明する。

請求項1、請求項2、請求項5、および、請求項7ないし請求項10に記載の発明と第2の実施形態との対応関係については、これらの発明と第1の実施形態との対応関係において、制御手段を制御回路130から制御手段140に代え、記憶手段をメモリ131からメモリ141に代え、入力光制御装置にVAT143、145、147を追加するだけなので、その説明を省略する。

【0116】

請求項6に記載の発明と第2の実施形態との対応関係については、光パワーを減衰または増幅する手段はVAT143、145、147に対応し、制御手段は制御回路140、メモリ141、D/A106、116、126およびVAT143、145、147に対応する。

請求項11に記載の発明と第2の実施形態との対応関係については、光パワー調整手段はVAT151、PCL152、PD153、A/D154、D/A155、制御回路140およびメモリ141に対応する。

【0117】

(第2の実施形態の作用効果)

次に、第2の実施形態におけるOADMの作用効果について説明する。

第2の実施形態においても第1の実施形態と同様に、最大運用多重数が32波で、初期設定のときにメモリ141に記憶されている各最大運用多重数と基準値との対応表から、最大波長多重数が32である場合の基準値が選択される。なお、この基準値は、35波のWDM方式光信号がPD105、115、125で受光された場合のPD105、115、125の出力とする。

【0118】

このような状況の下に、前段のOADMから32波のWDM方式光信号が、こ

のOADMに入力されると、PD105の出力は、基準値より3波分だけ小さいので、制御回路140は、この3波分を補う信号をD/A106を介してVAT143へ出力する。VAT143は、この信号に基づき減衰量を調整して3波分のプローブ光をWDMカプラ100へ出力する。

【0119】

ここで、LD104は、WDM方式光信号が1波の場合に対応するため、34波分以上の光パワーを出力する。LD114、124も同様である。

WDMカプラ100は、前段のOADMからの32波のWDM方式光信号と3波分のプローブ光を波長多重し、PCL101を介して光増幅器102に入力する。

【0120】

光増幅器102で増幅された32波のWDM方式光信号は、光信号分岐器109に入力される。光信号分岐器109では、例えば、10ch. 分の光信号がこのOADMでDC135を介して分岐光信号受信器137へ分岐される。このため、光信号分岐器109の出力は、22波のWDM方式光信号となる。

この22波のWDM方式光信号は、WDMカプラ110、PCL111およびWFIL113を介してPD115に入力される。

【0121】

PD115の出力は、基準値より13波分だけ小さいので、制御回路140は、この13波分を補う信号をD/A116を介してVAT145へ出力する。VAT145は、この信号に基づき減衰量を調整して13波分のプローブ光をWDMカプラ110へ出力する。

WDMカプラ110は、光信号分岐器109からの22波のWDM方式光信号と13波分のプローブ光を波長多重し、PCL111を介して光増幅器112に入力する。このため、光増幅器112は、光信号分岐器109において分岐されるch. 数に拘わらず、35波分の光パワーが入力される。そのため、光増幅器112は、安定に動作することができる。

【0122】

ここで、WDM方式光信号に波長多重されたLD104からのプローブ光は、

図3に示すように光増幅器102でWDM方式光信号に較べ充分に増幅されないので、光信号分岐器109、WDMカプラ110、PCL111およびWFIL113を透過する間に充分に減衰される。

【0123】

仮に、充分に減衰されなかつたとしても、光増幅器112に対するプローブ光をして働く。

光増幅器112で増幅された22波のWDM方式光信号は、VAT151およびPCL152を介してPD153に入力される。

制御回路140は、メモリ141に記憶されている透過光信号基準値とA/D154を介して入力されるPD153の出力とを比較し、光増幅器112からのWDM方式光信号における各ch.の光パワーと挿入されるch.の光パワーとをほぼ同一にすべく、信号をD/A155を介してVAT151に出力する。VAT151は、この信号に基づき減衰量を調整して光増幅器112からのWDM方式光信号における各ch.の光パワーを調整する。

【0124】

調整されたWDM方式光信号は、PCL152からDC133を介して光信号挿入器119に入力される。

ここで、挿入光信号送信器138からDC136を介して3ch.分の光信号が挿入されると、25波のWDM方式光信号となって、光信号挿入器119から出力される。

【0125】

この25波のWDM方式光信号は、WDMカプラ120、PCL121およびWFIL123を介してPD125に入力される。

PD125の出力は、基準値より10波分だけ小さいので、制御回路140は、この10波分を補う信号をD/A126を介してVAT147へ出力する。VAT147は、この信号に基づき減衰量を調整して10波分のプローブ光をWDMカプラ120へ出力する。

【0126】

WDMカプラ120は、光信号挿入器119からの25波のWDM方式光信号

と10波分のプローブ光を波長多重し、35波分の光パワーをPCL121を介して光増幅器122に入力する。

【0127】

あるいは、挿入光信号送信器138からDC136を介して8ch.分の光信号が挿入されると、30波のWDM方式光信号となって、光信号挿入器119から出力される。

この30波のWDM方式光信号は、WDMカプラ120、PCL121およびWFILE123を介してPD125に入力される。

【0128】

PD125の出力は、基準値より5波分だけ小さいので、制御回路140は、この5波分を補う信号をD/A126を介してVAT147へ出力する。VAT147は、この信号に基づき減衰量を調整して5波分のプローブ光をWDMカプラ120へ出力する。

WDMカプラ120は、光信号挿入器119からの30波のWDM方式光信号と5波分のプローブ光を波長多重し、35波分の光パワーをPCL121を介して光増幅器122に入力する。

【0129】

このように、光増幅器122は、光信号挿入器119において挿入されるch.数に拘わらず、35波分の光パワーが入力される。そのため、光増幅器122は、安定に動作することができる。

一方、前段のOADMにおいて、ch.が分岐・挿入され、15波のWDM方式光信号がこのOADMに入力されると、PD105の出力は、基準値より20波分だけ小さいので、制御回路140は、この20波分を補う信号をD/A106を介してVAT143へ出力する。VAT143は、この信号に基づき減衰量を調整して20波分のプローブ光をWDMカプラ100へ出力する。

【0130】

WDMカプラ100は、前段のOADMからの15波のWDM方式光信号と20波分のプローブ光を波長多重し、PCL101を介して光増幅器102に入力する。

このため、光増幅器102は、前段のOADMにおいて分岐・挿入されるc h. 数に拘わらず、35波分の光パワーが入力される。そのため、光増幅器102は、安定に動作することができる。

【0131】

次に、別の実施形態について説明する。

(第3の実施形態の構成)

第3の実施形態は、請求項1ないし請求項5、請求項7、請求項9、請求項10、および、請求項12に記載の発明に対応するOADMの実施形態である。

第3の実施形態は、第1の実施形態に対して、互いに波長の異なる3波のレーザ光によりプローブ光を形成する点、および、プローブ光の光パワーを調整するために光増幅器の入力光の光パワーを計測する検出器を光増幅器内の受光素子と兼用する点が主に相違する。

【0132】

第3の実施形態のOADMも、第1の実施形態と同様の光伝送システムに接続され、第2の実施形態のOADMとWDM方式光信号を生成して送信する送信端局との間には、別のOADMが接続されている。

図8は、第3の実施形態におけるOADMの構成を示す図である。

なお、第1の実施形態と同様の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0133】

図8において、互いに発振波長の異なる3個のLD162-1～162-3からのレーザ光は、WDMカプラ163に入力され、各レーザ光が波長多重されてWDMカプラ163から出力される。この波長多重されたレーザ光が、WDM方式光信号のc h. 数の増減に拘わらず光増幅器102に対し入力光の光パワーを一定にするプローブ光である。

【0134】

この所定の波長は、図3の破線で示すように光増幅器102の利得波長特性において、波長に対してほぼ一定な利得である増幅波長帯域内であってWDM方式光信号を増幅する帯域に対し最小運用c h. (c h. 1)より短波長側に設定さ

れる（図3のY1～Y3）。なお、WDM方式光信号を増幅する帯域に対し最大運用ch.（ch. 32）より長波長側に設定してもよい。

【0135】

WDMカプラ163からのプローブ光は、WDMカプラ100に入力される。WDMカプラ100は、このWDMカプラ163からのプローブ光とこのOADMに入力されるWDM方式光信号とを波長多重する。

WDMカプラ100からの出力は、光増幅器102に入力される。

図6において、光増幅器102内で、WDMカプラ100からの出力は、PCL254に入力され、2つに分配される。PCL254で分配された一方は、PCL252に入力される。分配された他方は、PD255に入力され、PD255の出力は、第1の実施形態で説明したようにA/D256を介して利得・出力制御回路261に出力されるとともに破線で示すようにA/D107にも出力される。A/D107の出力は、制御回路170に入力される。

【0136】

制御回路170は、A/D107の出力値と基準値とを比較し、A/D107の出力値が基準値になるようにLD162-1～162-3の出力を調整すべくそれぞれD/A161-1～161-3にデジタル信号を出力する。

これら各デジタル信号は、デジタル信号をアナログ信号に変換するD/A161-1～161-3でそれぞれアナログ信号に変換されて、対応する各LD162-1～162-3に入力される。

【0137】

各LD162-1～162-3は、このアナログ信号によって駆動電流が調整されてレーザ光の出力が調整される。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。ここで、プローブ光の増減は、各LD162-1～162-3からのレーザ光の光パワーの和がこの増減になればよいが、例えば、プローブ光が3個のLD162-1～162-3からのレーザ光で形成されることから、各LD162-1～162-3にこの増減の3分の1ずつを割り振ればよい。

【0138】

このプローブ光が調整される結果、光増幅器102の入力光は、WDM方式光

信号のc h. 数の増減に拘わらず、ほぼ一定に保持される。

一方、図8において、光増幅器102で増幅されたプローブ光とWDM方式光信号は、光フィルタ175に入力される。光フィルタ175は、WDM方式光信号を透過しプローブ光を遮断する。すなわち、光フィルタの遮断波長は、WDM方式光信号とプローブ光との間に設定される。

【0139】

光フィルタ175からの出力は、光信号分岐器109に入力される。光信号分岐器109で分岐したこのOADMで分岐すべきc h. は、DC135を介して分岐光信号受信器137へ分岐される。分岐しなかったc h. のみを多重したWDM方式光信号は、WDMカプラ110に入力される。

また、互いに発振波長の異なる3個のLD165-1~165-3からのレーザ光は、WDMカプラ166に入力され、各レーザ光が波長多重されてWDMカプラ166から出力される。この波長多重されたレーザ光が、WDM方式光信号のc h. 数の増減に拘わらず光増幅器112に対し入力光の光パワーを一定にするプローブ光である。

【0140】

この所定の波長は、LD161と同様に設定される。

WDMカプラ166からのプローブ光は、WDMカプラ110に入力される。WDMカプラ110は、このWDMカプラ166からのプローブ光とこのOADMに入力されるWDM方式光信号とを波長多重する。

WDMカプラ110からの出力は、光増幅器112に入力される。

【0141】

図6において、光増幅器102内で、WDMカプラ110からの出力は、PCL254に入力され、2つに分配される。PCL254で分配された一方は、PCL252に入力される。分配された他方は、PD255に入力され、PD255の出力は、利得・出力制御回路261に出力されるとともに破線で示すようにA/D117にも出力される。A/D117の出力は、制御回路170に入力される。

【0142】

制御回路170は、A/D107の出力値と基準値とを比較し、A/D117の出力値が基準値になるようにLD165-1～165-3の出力を調整すべくそれぞれD/A164-1～164-3にデジタル信号を出力する。

これら各デジタル信号は、デジタル信号をアナログ信号に変換するD/A164-1～164-3でそれぞれアナログ信号に変換されて、対応する各LD165-1～165-3に入力される。

【0143】

各LD165-1～165-3は、このアナログ信号によって駆動電流が調整されてレーザ光の出力が調整される。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。

一方、図8において、光増幅器112で増幅されたプローブ光とWDM方式光信号は、光フィルタ176に入力される。光フィルタ176は、WDM方式光信号を透過しプローブ光を遮断する。すなわち、光フィルタの遮断波長は、WDM方式光信号とプローブ光との間に設定される。

【0144】

光フィルタ176からの出力は、DC133を介して光信号挿入器119に入力される。

光信号挿入器119は、DC136を介して入力される挿入光信号送信器138からの光信号と、DC133からのこのOADMを透過するc.h.のみのWDM方式光信号とを波長多重してWDMカプラ120に入力する。

【0145】

また、互いに発振波長の異なる3個のLD168-1～168-3からのレーザ光は、WDMカプラ169に入力され、各レーザ光が波長多重されてWDMカプラ169から出力される。この波長多重されたレーザ光が、WDM方式光信号のc.h.数の増減に拘わらず光増幅器122に対し入力光の光パワーを一定にするプローブ光である。

【0146】

この所定の波長は、LD161と同様に設定される。

WDMカプラ169からのプローブ光は、WDMカプラ120に入力される。

WDMカプラ120は、このWDMカプラ169からのプローブ光と光信号挿入器119からのWDM方式光信号とを波長多重する。

【0147】

WDMカプラ120からの出力は、光増幅器122に入力される。

図6において、光増幅器122内で、WDMカプラ120からの出力は、PCL254に入力され、2つに分配される。PCL254で分配された一方は、PCL252に入力される。分配された他方は、PD255に入力され、PD255の出力は、利得・出力制御回路261に出力されるとともに破線で示すようにA/D127にも出力される。A/D127の出力は、制御回路170に入力される。

【0148】

制御回路170は、A/D127の出力値と基準値とを比較し、A/D127の出力値が基準値になるようにLD168-1～168-3の出力を調整すべくそれぞれD/A167-1～167-3にデジタル信号を出力する。

これら各デジタル信号は、デジタル信号をアナログ信号に変換するD/A167-1～167-3でそれぞれアナログ信号に変換されて、対応する各LD168-1～168-3に入力される。

【0149】

各LD168-1～168-3は、このアナログ信号によって駆動電流が調整されてレーザ光の出力が調整される。すなわち、プローブ光の光パワーが調整される。

一方、図8において、WDMカプラ120からのWDM方式光信号は、光増幅器122によって増幅され、光フィルタ177に入力される。光フィルタ176は、WDM方式光信号を透過しプローブ光を遮断する。すなわち、光フィルタの遮断波長は、WDM方式光信号とプローブ光との間に設定される。

【0150】

光フィルタ177の出力は、光伝送路に入力され、このOADMから出力されたWDM方式光信号は、次段のノードに伝送される。

(本発明と第3の実施形態との対応関係)

次に、本発明と第3の実施形態におけるOADMとの対応関係について説明する。

【0151】

請求項1に記載の発明と第3の実施形態との対応関係については、光増幅手段は光増幅器102、112、122に対応し、入力光制御装置はLD162、165、168、WDMカプラ100、110、120、PCL254、PD255、D/A161、164、167、A/D107、117、127、制御回路170およびメモリ131に対応する。

【0152】

請求項2に記載の発明と第3の実施形態との対応関係については、光増幅手段は光増幅器102、112、122に対応し、光源はLD162、165、168に対応し、合波手段はWDMカプラ100、110、120に対応し、検出手段はPD255およびA/D107、117、127に対応し、制御手段は制御回路170、メモリ131およびD/A161、164、167に対応する。

【0153】

請求項3に記載の発明と第3の実施形態との対応関係については、光源はLD162、165、168に対応する。

請求項4に記載の発明と第3の実施形態との対応関係については、遮断手段はFIL175、176、177に対応する。

請求項5に記載の発明と第3の実施形態との対応関係については、光源はLD162、165、168に対応し、制御手段は制御回路170、メモリ131およびD/A161、164、167に対応する。

【0154】

請求項7に記載の発明と第3の実施形態との対応関係については、記憶手段はメモリ131に対応し、制御手段は制御回路170およびD/A161、164、167に対応する。

請求項9に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、分岐手段は光信号分岐器109に対応し、挿入手段は光信号挿入器119に対応し、光増幅手段は光増幅器102、112、122に対応する。

【0155】

請求項10に記載の発明と第1の実施形態との対応関係については、分岐光信号受信手段は分岐光信号受信器137に対応し、挿入光信号送信手段は挿入光信号送信器138に対応する。

(第3の実施形態の作用効果)

次に、第3の実施形態におけるOADMの作用効果について説明する。

【0156】

第3の実施形態においても第1の実施形態と同様に、最大運用多重数が32波で、初期設定のときにメモリ131に記憶されている各最大運用多重数と基準値との対応表から、最大波長多重数が32である場合の基準値が選択される。なお、この基準値は、35波のWDM方式光信号がPD155で受光された場合のPD255の出力とする。

【0157】

このような状況の下に、前段のOADMから32波のWDM方式光信号が、このOADMに入力されると、PD255の出力は、基準値より3波分だけ小さいので、制御回路170は、この3波分を補う信号を各D/A161-1~161-3を介してそれぞれLD162-1~162-3へ出力する。各LD162-1~162-3は、この信号に基づき駆動電流を増加させて1波分のレーザ光をWDMカプラ163へ出力する。このため、WDMカプラ163からの出力は、3波分のプローブ光となる。このようにプローブ光を波長の異なる3つのレーザ光より生成するので、1波長当たりのレーザ光の光パワーを少なくすることができるので、スペクトラルホールバーニングを抑制することができる。

【0158】

WDM163からのプローブ光は、WDMカプラ100に出力され、WDMカプラ100は、前段のOADMからの32波のWDM方式光信号と3波分のプローブ光を波長多重し、光増幅器102に入力する。

光増幅器102で増幅されたプローブ光と32波のWDM方式光信号は、FIL175に入力される。FIL175は、プローブ光を遮断し32波のWDM方式光信号のみを光信号分岐器109に入力する。光信号分岐器109では、例え

ば、6 c h. 分の光信号がこのOADMでDC135を介して分岐光信号受信器137へ分岐される。このため、光信号分岐器109の出力は、26波のWDM方式光信号となる。

【0159】

この26波のWDM方式光信号は、WDMカプラ110およびPCL254を介してPD255に入力される。

PD255の出力は、基準値より9波分だけ小さいので、制御回路170は、この9波分を補う信号を各D/A164-1~164-3を介してそれぞれLD165-1~165-3へ出力する。各LD165-1~165-3は、この信号に基づき駆動電流を増加させて2波分のレーザ光をWDMカプラ166に出力する。このため、WDMカプラ166からの出力は、9波分のプローブ光となる。

【0160】

WDM166からのプローブ光は、WDMカプラ110に出力され、WDMカプラ110は、光信号分岐器109からの26波のWDM方式光信号と9波分のプローブ光を波長多重し、光増幅器112に入力する。このため、光増幅器112は、光信号分岐器109において分岐されるc h. 数に拘わらず、35波分の光パワーが入力される。そのため、光増幅器112は、安定に動作することができる。

【0161】

光増幅器112で増幅されたプローブ光と26波のWDM方式光信号とは、FIL176に入力される。FIL176は、プローブ光を遮断し26波のWDM方式光信号のみをDC133に入力する。このため、プローブ光によってDC133内で生じる非線形光学効果を抑制することができる。

DC133からのWDM方式光信号は、光信号挿入器119に入力される。

【0162】

ここで、挿入光信号送信器138からDC136を介して3 c h. 分の光信号が挿入されると、29波のWDM方式光信号となって、光信号挿入器119から出力される。

この29波のWDM方式光信号は、WDMカプラ120およびPCL254を

介してPD255に入力される。

【0163】

PD255の出力は、基準値より6波分だけ小さいので、制御回路170は、この6波分を補う信号を各D/A167-1~167-3を介してそれぞれLD168-1~168-3へ出力する。各LD168-1~168-3は、この信号に基づき駆動電流を増加させて2波分のレーザ光をWDMカプラ169に出力する。このため、WDMカプラ169からの出力は、6波分のプローブ光となる。

【0164】

WDM169からのプローブ光は、WDMカプラ120に出力され、WDMカプラ120は、光信号挿入器119からの29波のWDM方式光信号と6波分のプローブ光を波長多重し、光増幅器122に入力する。このため、光増幅器122は、光信号挿入器119において挿入されるch.数に拘わらず、35波分の光パワーが入力される。そのため、光増幅器122は、安定に動作することができる。

【0165】

光増幅器122で増幅されたプローブ光と29波のWDM方式光信号とは、FIL177に入力される。FIL177は、プローブ光を遮断し29波のWDM方式光信号のみを次段のノードに伝送すべく光伝送路に出力する。このため、プローブ光によって光伝送路内で生じる非線形光学効果を抑制することができる。

なお、第1の実施形態ないし第3の実施形態の作用効果を説明するに当たり、具体的な数値によって説明したが、これらの数値に限定されるものではない。

【0166】

また、第1の実施形態ないし第3の実施形態では、OADMが2端局間を伝送する光伝送システムに接続されている場合について説明したが、これに限定されるものではない。例えば、複数個のノードをリング状に接続するリングネットワークに本発明にかかるOADMを適用することができる。

【0167】

【発明の効果】

請求項1ないし請求項12に記載の発明では、プローブ光によってWDM方式

光信号の光パワーを調整するので、c h. 数の増減に拘わらずほぼ一定の光パワーの入力光をOADM内の光増幅器に入力することができる。さらに、複数の光増幅器が継続接続されている場合には、本発明にかかる入力光制御装置を1段目の光増幅器に備えることにより1段目の光増幅器からは、安定した出力が得られるので、2段目以降の光増幅器には本発明にかかる入力光制御装置は、不要にすることができる。

【0168】

特に、請求項3に記載の発明では、互いに波長の異なるレーザ光を波長多重したプローブ光を用いるので、スペクトラルホールバーニングを抑制することができる。

そして、請求項4に記載の発明では、光増幅器の出力側でプローブ光を遮断するので、増幅されたWDM方式光信号が伝搬する各光部品、特に、分散補償ファイバや光伝送路でプローブ光によって生じるラマン散乱などの非線形光学現象を防止することができる。

【0169】

さらに、請求項6に記載の発明では、プローブ光の光パワーは、光源と合波手段との間の調整手段によって調整されるので、光源を安定に動作させることができる。特に、半導体レーザを光源に使用する場合には、素子温度や注入電流を一定に保持できるので、発振波長やレーザ光の光パワーを安定にすることができる。

【0170】

また、請求項7に記載の発明では、WDM方式光信号の最大運用多重数を考慮してプローブ光の光パワーを制御するので、光増幅器が光ファイバ増幅器である場合には、励起光の光パワーを過剰にすることがない。一方、光増幅器が半導体光増幅器である場合には、注入電流を過剰にすることがない。

さらに、請求項8に記載の発明では、WFILによってプローブ光の波長変動を吸収することができる。

【0171】

以上のように、本発明では、WDM方式光信号のc h. 数の増減に拘わらず所

定の利得を得られる光増幅器を備えるOADMを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の原理構成を示す図である。

【図2】

第1の実施形態におけるOADMの構成を示す図である。

【図3】

光増幅器の利得波長特性とプローブ光の波長との関係を示す図である。

【図4】

第1の実施形態のOADMにおける分岐光信号受信器の1例の詳細構成を示す図である。

【図5】

第1の実施形態のOADMにおける挿入光信号送信器の1例の詳細構成を示す図である。

【図6】

第1の実施形態のOADMにおける光増幅器の1例の詳細構成を示す図である

【図7】

第2の実施形態におけるOADMの構成を示す図である。

【図8】

第3の実施形態におけるOADMの構成を示す図である。

【図9】

反転分布を形成する励起エネルギーを一定にした場合の入力光の光パワーに対する利得の変化を示す図である。

【符号の説明】

10 入力光制御装置

11 光増幅手段

16 分岐光信号受信手段

17 挿入光信号送信手段

20 制御手段

21 光源

22 合波手段

23 分波手段

24 検出手段

25 遮断手段

26 調整手段

27 記憶手段

28 重み付けフィルタ

29 光パワー調整手段

100、110、120、163、166、169 WDMカプラ

101、111、121、254 光合分波器

102、112、122 光増幅器

103、113、123 重み付けフィルタ

104、114、124、162、165、168 半導体レーザ

105、115、125、255 ホトダイオード

130、140、170 制御回路

131、141 メモリ

137 分岐光信号受信器

138 挿入光信号送信器

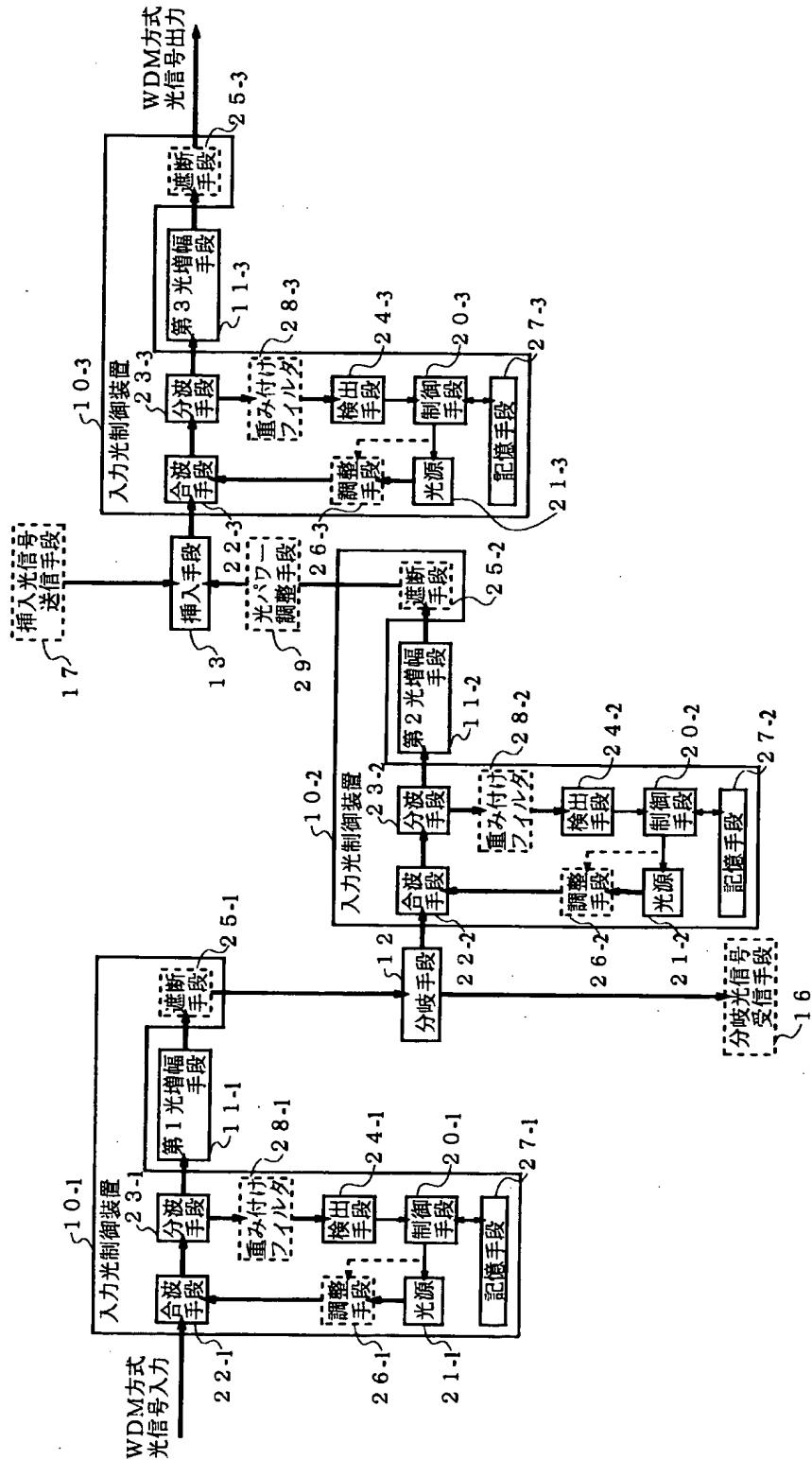
143、145、147 可変光減衰器

【書類名】

図面

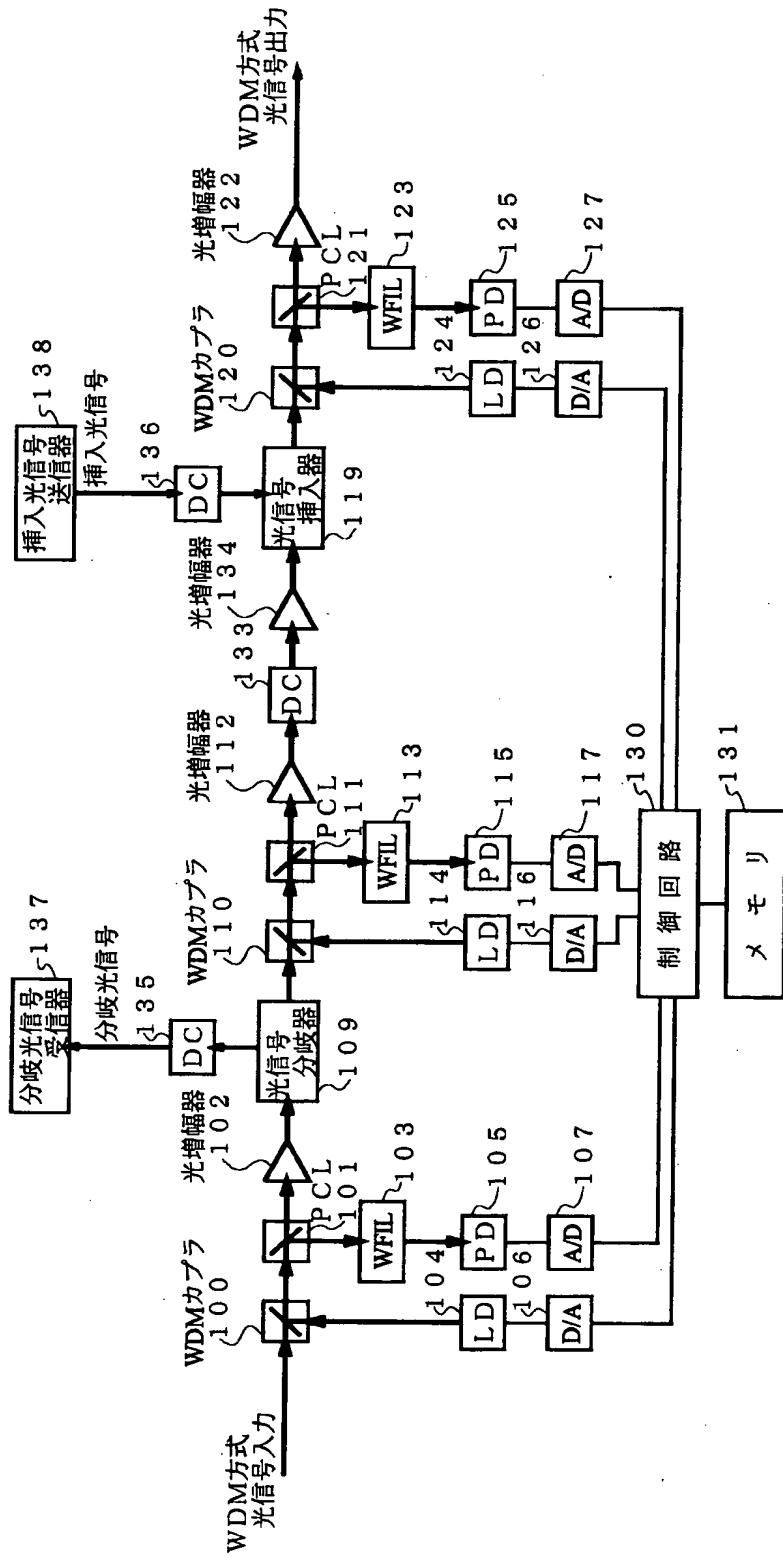
【図1】

本発明の原理構成



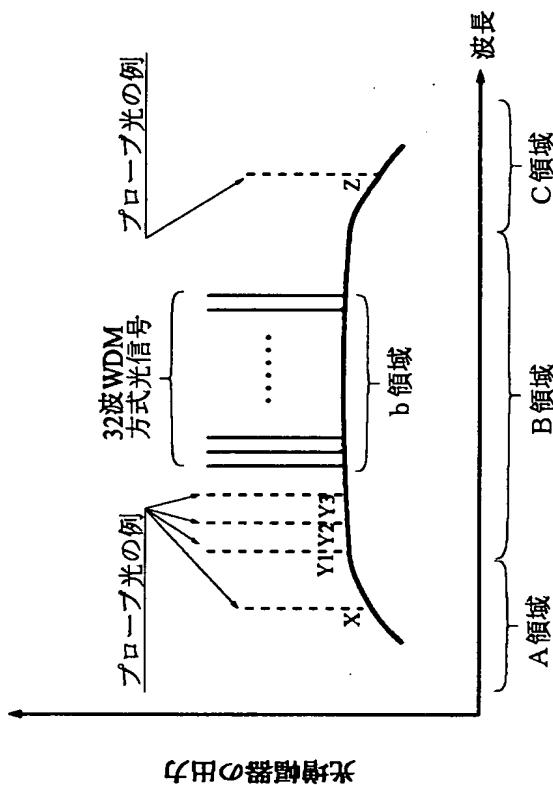
【図2】

第1の実施形態におけるOADMの構成



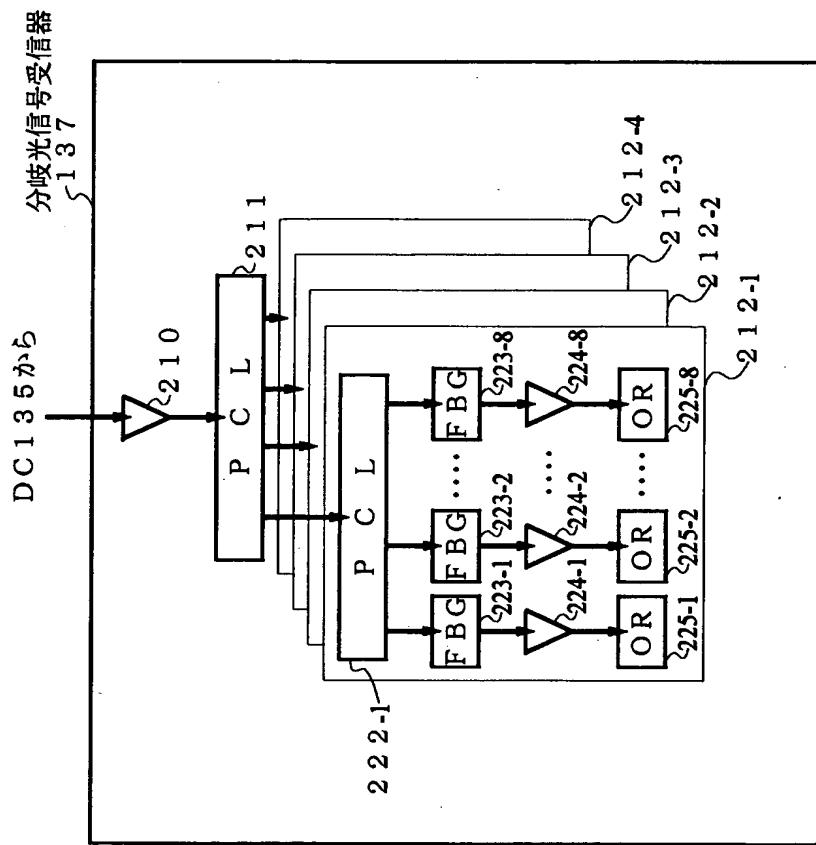
【図3】

光増幅器の利得波長特性とプローブ光の波長との関係



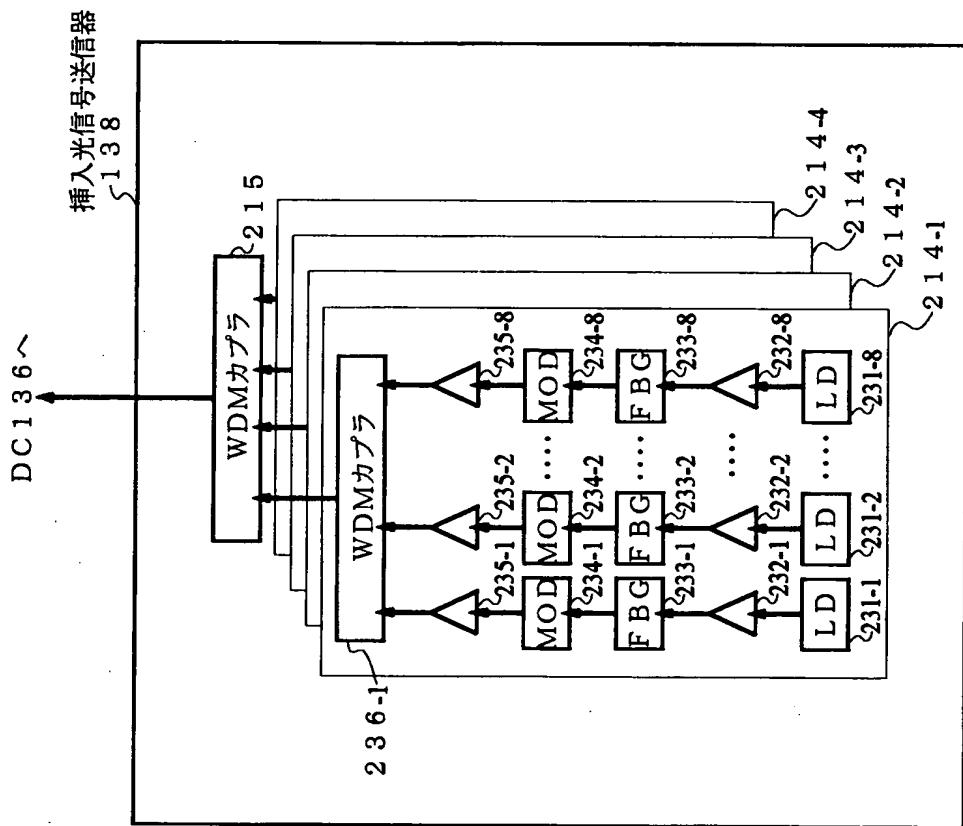
【図4】

第1の実施形態のOADMにおける分歧光信号受信器の1例の詳細構成



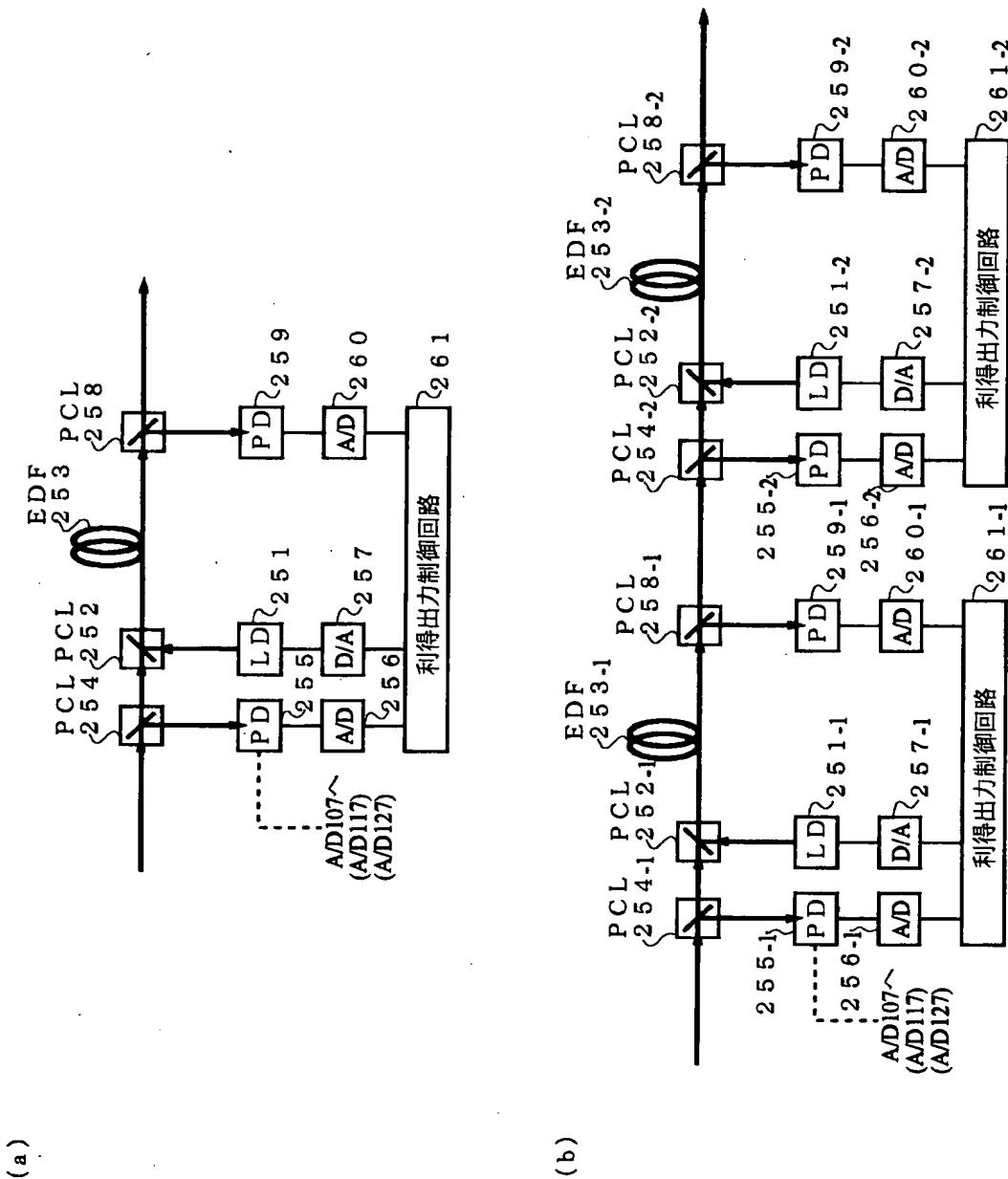
【図5】

第1の実施形態のOADMにおける挿入光信号送信器の1例の詳細構成



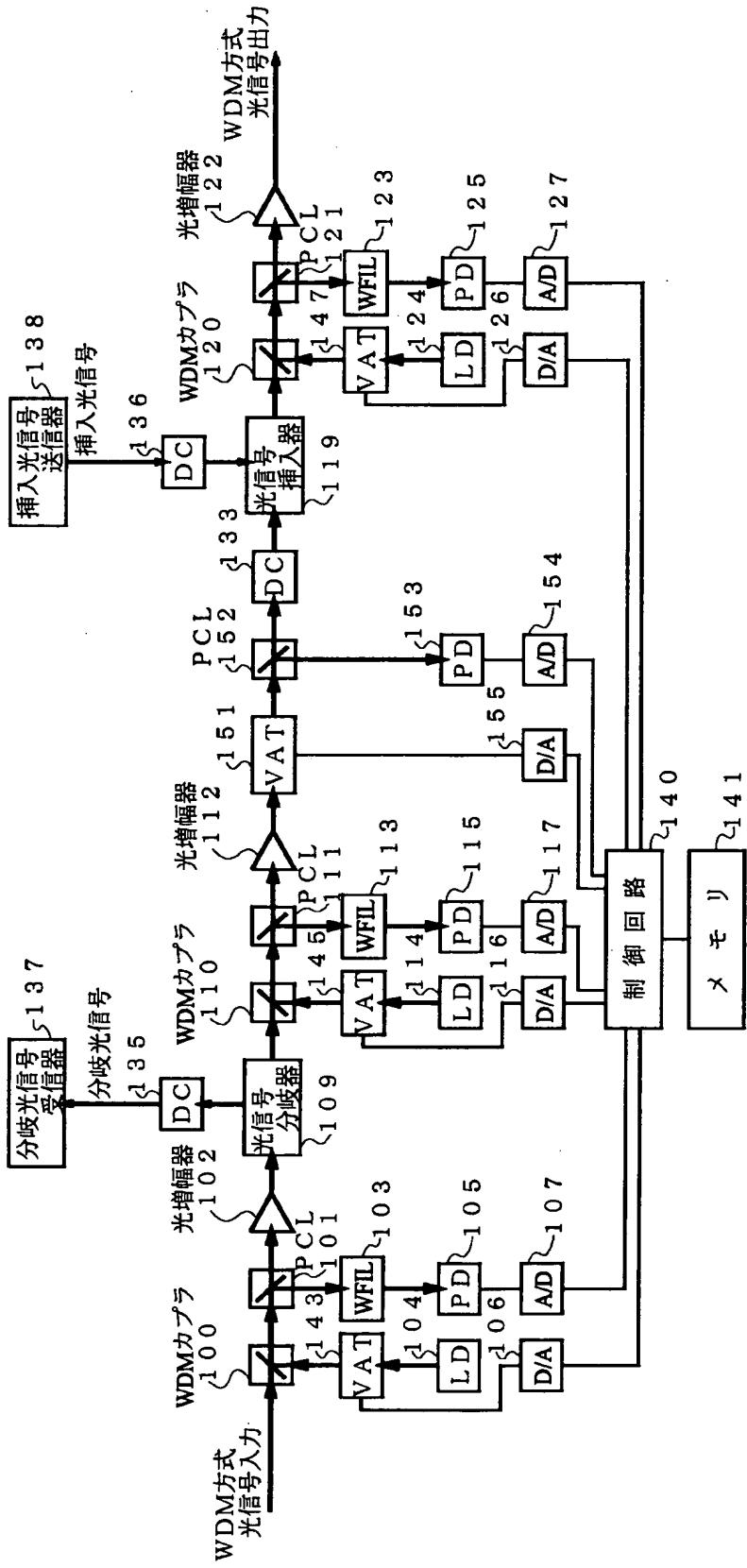
【図6】

第1の実施形態のOADMにおける光増幅器の1例の詳細構成



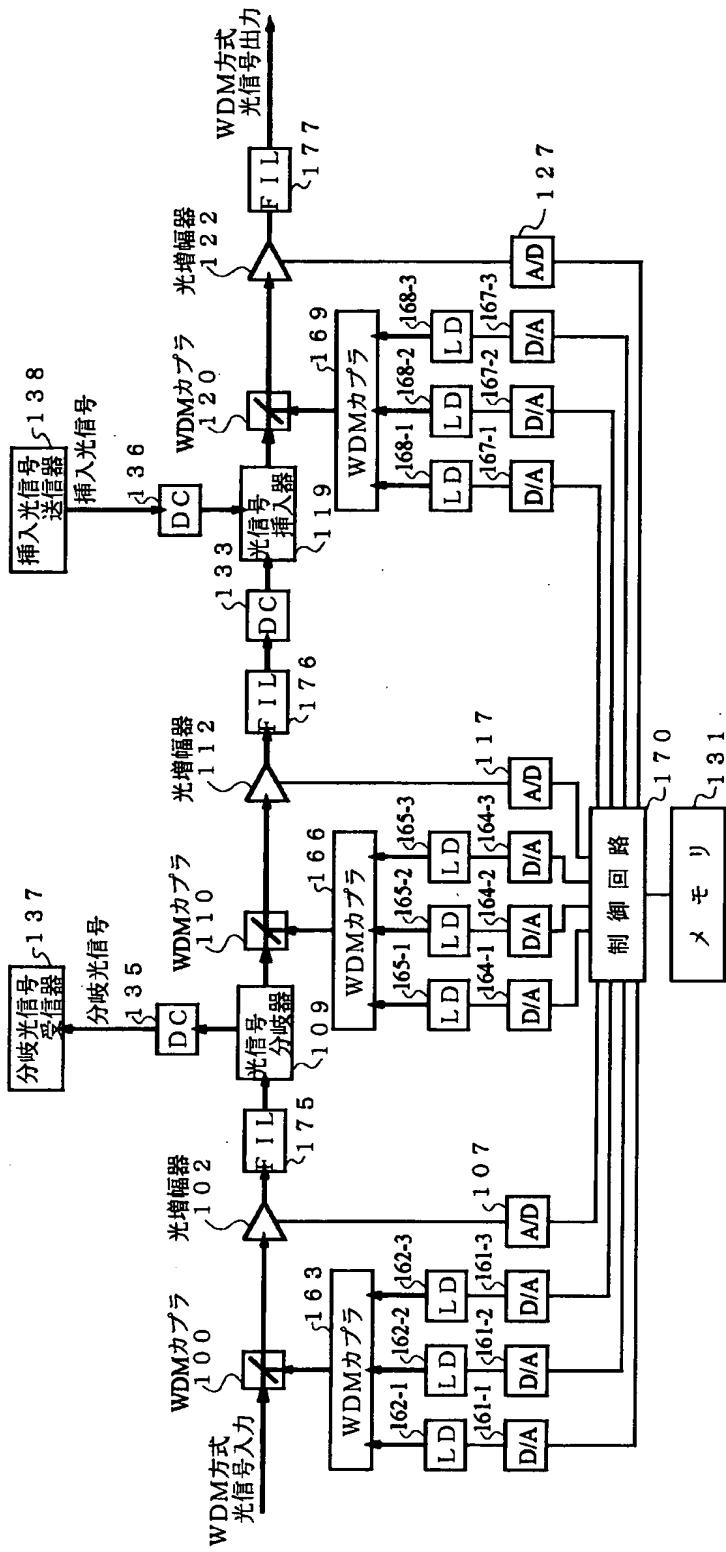
【図7】

第2の実施形態におけるOADMの構成



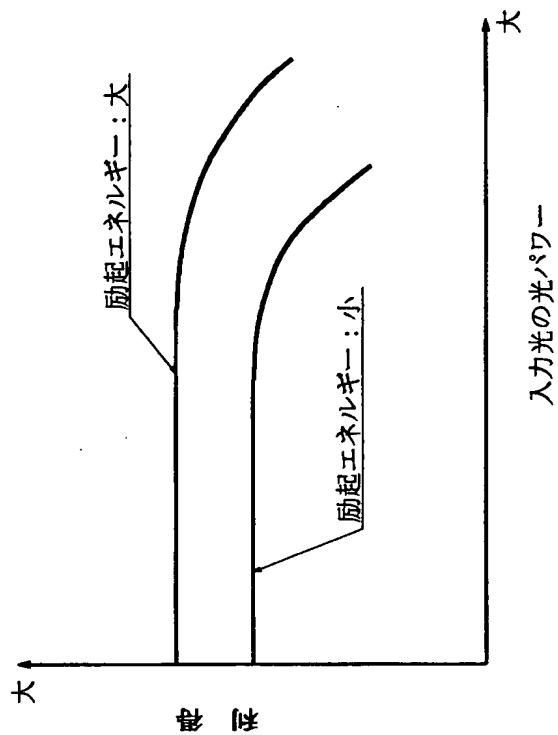
【図8】

第3の実施形態におけるOADMの構成



【図9】

入力光の光パワーに対する利得



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 本発明は、波長分割多重方式光信号を分岐・挿入・透過する光分岐・挿入装置において、波長分割多重方式光信号のチャネル数の変化に拘わらず装置内の光増幅器に一定の入力光パワーを入力する光分岐・挿入装置およびその制御方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明では、波長分割多重方式光信号のチャネル数の減少分に応じた光パワーのプローブ光を波長分割多重方式光信号に合波することにより一定の光パワーである合波された波長分割多重方式光信号を光分岐・挿入装置内の光増幅手段11に入力する。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000005223]

1. 変更年月日 1996年 3月26日

[変更理由] 住所変更

住 所 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
氏 名 富士通株式会社